

## KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

### Patent Laid-Open Gazette

(51) Int. Cl. : H04N 7/24

(11) Publication No.: 10-2001-0020498

(43) Publication Date: 15 March 2001

(21) Application No.: 10-1999-7012204

(22) Application Date: 23 October 1999

(71) Applicant:

Citrix Systems, Inc.

6-way, N.W. 6400 Fort Lauderdale, Florida 33309, United States

(72) Inventor:

AHARONI AMIR

KHIRMAN STAS

TAITS EUGENE

ARIEL OREN

(74) Attorney:

SHIN, YOUNG MOO, CHOI, SEUNG MIN

(54) Title of the Invention:

System for adaptive video/audio transport over network

### Abstract:

A system for adaptively transporting video over networks wherein the available bandwidth varies with time. The system comprises a video/audio codec that functions to compress, code, decode and decompress video streams that are transmitted over networks having available bandwidths that vary with time and location. Depending on the channel bandwidth, the system adjusts the compression ratio to accommodate a plurality of bandwidths ranging from 20 Kbps for plain old telephone service (POTS) to several Mbps for switched LAN and ATM environments. Bandwidth adjustability is provided by offering a trade off between video resolution (for example, 160 x 120, 320 x 240, 640 x 480), frame rate (for example, 30fps, 15fps, 7.5fps) and individual frame quality. The system generates a video data stream comprised of Key, P and B frames from a raw source of video. Each frame type is further comprised of multiple levels of data representing varying degrees of quality. In addition, several video server platforms can be utilized in tandem to transmit video/audio information with each video server platform transmitting information for a single compression/resolution level.

10-2001-0020498

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H04N 7/24

(11) 공개번호 10-2001-0020498

(43) 공개일자 2001년03월15일

(21) 출원번호 10-1999-7012204

(22) 출원일자 1999년12월23일

변역문제출일자 1999년12월23일

(86) 국제출원번호 PCT/IL 98/00300

(86) 국제출원출원일자 1998년06월25일

(81) 지정국

(87) 국제공개번호 WO 99/00984

(87) 국제공개일자 1999년01월07일

AP ARIPO특허 : 케냐 레소토 말라위 수단 스와질랜드 우간다

EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈 카자흐스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 투르크메니스탄

EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 핀란드

OA OAPI특허 : 부르키나파소 베냉 중앙아프리카 콩고 코트디부아르 카메룬 가봉 기네 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고

국내특허 : 알바니아 아르메니아 오스트리아 오스트레일리아 아제르바이잔 보스니아-헤르체고비나 바베이도스 불가리아 브라질 벨라루스 캐나다 스위스 리히텐슈타인 중국 쿠바 체코 독일 덴마크 에스토니아 스페인 핀란드 영국 그루지야 헝가리 이스라엘 아이슬란드 일본 케냐 키르기즈 북한 대한민국 카자흐스탄 세인트루시아 스리랑카 라이베리아 레소토 리투아니아 룩셈부르크 라트비아 몰도바 마다가스카르 마케도니아 몽고 말라위 멕시코 노르웨이 뉴질랜드 슬로베니아 슬로바키아 타지키스탄 투르크메니스탄 터키 트리니다드토바고 우크라이나 우간다 미국 우즈베키스탄 베트남 폴란드 포르투갈 루마니아 러시아 수단 스웨덴 싱가포르

(30) 우선권 주장 8/884,531 1997년06월26일 미국(US)

(71) 출원인 사이트릭스 시스템스, 인크.

(72) 발명자 미국 에프엘 33309 포트 라우더데일 6400 엔. 더블류. 6웨이

아로니아미르

이스라엘해질리아46274, 포르제하데크스트리트79

키르만스타스

이스라엘호드하샤론45287,라시스트리트11/7

데미츠유진

이스라엘파사바44444,헤르젤스트리트12

마리엘오렌

이스라엘라마하샤론47207,라시스트리트7

(74) 대리인 신영무, 최승민

심사청구 : 없음

(54) 네트워크를 통한 적합한 비디오/오디오의 전송을 위한 시스템

요약

이 발명은 시간에 따라 변하는 사용가능한 대역폭을 가진 네트워크상에서 비디오를 적합하게 전달하는 시스템이다. 이 발명은 인터넷이나 다른 TCP/IP 네트워크 같은 인터넷 프로토콜(Internet Protocol: IP)을 이용하는 것을 포함하는 어느 타입의 네트워크에 대한 어플리케이션을 지니고 있다. 이 시스템은 시간과 지역에 따라 변하는 사용가능한 대역폭을 가진 네트워크 상에서 전송되는 비디오 스트림을 압축(compress), 코드(code), 디코드(decode), 압축해제(decompress) 하는 기능을 갖는 비디오/오디오 코덱(codec) 또는 코더(coder)/디코더(decoder)를 포함한다. 채널 대역폭에 의존하여, 시스템은 평범한 구식 전화 서비스(plain old telephone service: POTS)용 20Kbps에서 스위치된 LAN과 ATM 환경용 수 Mbps까지 범위의 복수의 대역폭들을 수용하기(accommodate) 위한 압축율을 조정한다. 대역폭 조정은 비디오 해상도(예를 들어, 160X120, 320X240, 640X480), 프레임율(예를 들어 30fps, 15 fps, 7.5 fps) 그리고 개인적인 프레임 품질(quality) 사이의 균형을 제공(offering)함으로써 공급된다. 이 유연성은 갖가지의 요구를 강조(stress)하는 다른 어플리케이션들에 있어서 유용하다.

시스템은 생(raw) 비디오 소스로부터 여러 레벨을 포함하는 우선순위가 정해진(prioritized) 비디오 데이터

타 스트림을 생성하는 기능을 한다. 이 비디오 스트림은 파일 안에 저장되고 클라이언트에 제공할 때 비디오 서버에 의해 액세스 된다. 작동시, 비디오 클라이언트는 단지 레벨들의 부분(subset)만 수신한다. 이 레벨들은 네트워크 접속과 어울리는 적합한 데이터 내용을 갖도록 선택되어진다. 이는 소모된 네트워크 대역폭과 비디오 이미지 품질 사이에 보다 나은 적합(fit)을 허용한다. 레벨들의 각각은 이전 레벨들의 상위에 세워지고, 더 높은 레벨들은 이전의 레벨들에 표현되지 않은 추가적인 정보를 제공한다. 이것은 대역폭이 클라이언트 엔드(end) 또는 인코더/서버 쪽 상에서 낭비되지 않음을 보증한다. 시스템은 클라이언트 쪽으로 그렇게 전송되서 네트워크상의 어느 개별적인 패킷의 손실도 클라이언트 쪽의 한결같은 낮아진(degraded) 품질을 발생하지 않는 비디오 스트림을 발생한다.

시스템에 의해 수행되는 확장가능한(scaleable) 압축은 상당한 다양성(diversity)과 이질성(heterogeneity)으로 특징지어진 인터넷 환경 안에서 투명한(transparent) 비디오에 적합하다. 시스템은 전송되고 있는 비디오 데이터의 이미지 품질을 이용가능한 네트워크 대역폭의 넓은 변화와 조화시키는 기능을 한다. 또한 시스템은 클라이언트 컴퓨터 시스템 상의 이용가능한 계산력(computing power)의 차이를 조화시키는 비디오 데이터를 조정할 수 있다. 시스템, 인터넷 상에서 찾아진 것과 같은 '최선의 노력(best effort)' 프로토콜들을 이용한, 은 이용가능한 대역폭의 시간에 따라 변하는 특성(nature)에 적응시킨다.

그러므로 생 비디오 소스를 복수의 레벨들로 구성되고 그 각각의 레벨은 압축의 특정한 정도에 일치하는 그러한 복수의 프레임들로 압축하는 단계, 네트워크 채널의 대역폭을 평가(estimate)하는 단계, 대역폭 평가 - 그것에 의하여 선택된 레벨이 네트워크 채널의 대역폭의 사용을 최적화 시키는 - 에 따라서 네트워크 채널을 통해 전송할 각각의 프레임의 복수의 레벨들의 하나를 선택하는 단계, 그리고 네트워크 채널을 통해 각각의 프레임의 선택된 레벨을 전송하는 단계로 구성된, 이 발명에 따라 제공되는 네트워크 채널을 통한 비디오를 전송하는 방법이 있다.

압축단계는 생 비디오 소스를 각 형태가 다른 양의 비디오 내용 정보를 포함하고, 복수의 사진 그룹(plurality of group of pictures:GOP) 순서들로 구성된 비디오 스트림을 형성하도록 그룹지어진 복수의 다른 형태의 프레임들로 압축하는 단계를 포함한다. 압축단계는 생 비디오 소스를 복수의 사진 그룹(GOP) 순서들로 구성된 비디오 스트림을 형성하도록 생성된 키(Key), P, 그리고 B 형태(type) 프레임들로 압축하는 단계를 포함한다.

또한 생 비디오 소스로부터 특정한 프레임 형태를 갖고, 그 형태가 비디오 내용 정보의 특정한 양을 포함하고, 각 레벨이 압축의 특정 정도와 일치하는 그러한 복수의 레벨들로 구성된 그러한 각각의 프레임에 있어서, 복수의 그러한 프레임들을 생성하도록 데이터를 압축하는 단계, 네트워크 채널의 대역폭을 평가하는 단계, 비디오 클라이언트에 표시되어지도록 대기하는 비디오 정보의 양을 결정하는 단계, 대역폭 평가 - 그것에 의하여 선택된 레벨이 네트워크 채널의 대역폭의 사용을 최적화 시키는 - 에 따라서 네트워크 채널을 통해 전송할 각각의 프레임의 복수의 레벨 중의 하나를 선택하는 단계, 비디오 클라이언트에서 표시되어지도록 대기하는 비디오 정보의 양에 따라서 네트워크 채널을 통해 전송할 특정한 프레임 형태를 갖는 어떤 프레임을 선택하는 단계, 그리고 특정한 프레임 타입을 갖고 선택된 레벨의 선택된 프레임들을 네트워크 채널을 통하여 전송하는 단계를 포함하는, 발명에 따라서 제공된 네트워크 채널을 통해서 비디오 서버로부터 비디오 클라이언트로 비디오를 전송하는 방법이 있다.

더 나아가서, 발명에 따라서 이 비디오 데이터의 프레임 - 각 프레임은 복수의 압축 레벨들로 구성되고 특정한 형태로 되어 있다 - 의 복수로 구성된 데이터 소스로부터 비디오 클라이언트로 네트워크 채널을 통해 전송하는, 다음과 같은 수단들을 포함하는 비디오 서버가 있다. 비디오 소스로부터 비디오 데이터의 입력 프레임들을 위한 수신수단(receiving means)들, 프레임 안의 압축 레벨과 네트워크 채널의 측정된 이용가능한 대역폭에 따라서 전송할 특별한 형태를 갖는 프레임들을 결정하고, 비디오 데이터의 프레임들을 네트워크 채널을 통한 전송을 위한 복수의 패킷들로 추상화(encapsulating)하는, 수신수단과 결합된 송신수단(sending means)들, 그리고 수신 수단들과 송신수단들의 작동을 관리하기 위한 제어기(controller)-그 안에서 송신 수단들의 전송 비율이 네트워크 채널의 이용가능한 대역폭을 조화하도록 유지되는-.

또한, 네트워크 채널의 이용가능한 대역폭을 측정하기 위한 비율 제어 단위(unit), 수신 수단들에 의한 비디오 프레임 데이터 출력을 입력하기 위한 프레임 선택기(selector), 비율 제어 장치에 의해 측정된 대역폭에 따른 특별한 압축 레벨의 프레임들을 출력하는 프레임 선택기, 프레임 선택기에 의한 비디오 프레임 데이터 출력을 입력하기 위한 패킷 생성기(generator), 비디오 프레임 데이터를 전송을 위한 복수의 패킷들로 추상화하기 위한 패킷 생성기, 특정한 형태를 지니는 어떤 프레임들이 전송되어질지를 결정하는 패킷 생성기, 네트워크 채널로 패킷 생성기에 의한 복수의 패킷 출력을 위치하는(placing) 패킷 전송기(transmitter), 그리고 그것에 의하여 받은 패킷들에 대한 응답으로 네트워크 채널을 통하여 비디오 클라이언트에 의해 보내어 지는 수신 통지(receiving acknowledgments)들로 구성되는 송신수단이 있다.

게다가, 특정한 바이트들의 수를 산출(yield)하기 위해 복수의 패킷들을 네트워크 채널을 통해 수신기(receiver)로 온라인으로 전송하는 송신기(sender), 수신기에 의해 패킷들의 수신에 대한 응답으로 송신기에 통지를 보내고, 수신 대역폭의 증가 비율이 예정된 선(threshold)안으로 적어질 때까지 비디오 온라인의 수를 증가하고, 수신기에서의 수신 대역폭이 되는 네트워크 채널의 대역폭을 측정하는 수신기를 포함하는, 발명에 따라 제공된 송신기를 수신기와 접속하는 네트워크 채널의 대역폭을 평가하는 방법이 있다.

또한, 발명에 따라 제공되는, 이전의(previous) 송신된 패킷과 최후로(last) 송신된 패킷에 관계하는 송신기 관련 데이터를 사용하는 수신기에 송신된 바이트의 수(BytesSent)를 결정하는 단계, 이전의 수신된 패킷과 마지막으로 수신된 패킷에 관계하는 수신기 관련 데이터를 사용하는 수신기에 의해 수신된 바이트

의 수(BytesRec)를 결정하는 단계, 다음의 방정식에 따라서 송신률(SendRate)를 계산하는 단계,

$$\text{송신률(SendRate)} = \frac{\text{송신된바이트수(BytesSent)}}{\text{전송할시간(이전응답)} - \text{전송할시간(최근응답)}}$$

다음의 방정식에 따라서 수신률(RecRate)을 계산하는 단계,

$$\text{수신률(RecRate)} = \frac{\text{수신된바이트수(BytesRec)}}{\text{수신할시간(이전응답)} - \text{수신할시간(최근응답)}}$$

송신률을 수신률과 비교하는 단계, 만약 송신률이 수신률보다 작거나 동등하면 송신률을 증가하는 단계, 그리고 송신률이 수신률보다 높으면 송신률을 감소하는 단계를 포함하는 단계를 구성하는, 특정한 이용가능한 대역폭을 갖는 송신기를 수신기에 연결한 네트워크 채널 상에서 바이트 온라인의 최대 수(maximum number)를 유지하는 방법이 있다.

생 비디오 소스인 데이터로부터 특정한 압축 정도에 부합하는 각 레벨의 복수를 구성하고, 각각이 특정한 양의 비디오 내용 정보를 포함하는 특정한 프레임 형태로 된 각각의 프레임의 복수를 생성하도록 압축을 하는 단계, 네트워크 채널의 대역폭을 평가하는 단계, 비디오 클라이언트에서 표시되도록 대기하는 비디오 정보의 양을 결정하는 단계, 대역폭 평가 - 그것에 의해 선택된 레벨은 네트워크 채널의 대역폭의 사용을 최적화 한다 - 에 따라서 네트워크 채널 상에서 전송할 각 프레임의 복수의 레벨들 중의 하나를 선택하는 단계, 비디오 클라이언트에서 표시되도록 대기하는 비디오 정보의 양에 따라 네트워크 채널 상에서 전송할 특별한 프레임 형태를 갖는 어느 프레임을 선택하는 단계, 신뢰할 수 있는 통신 프로토콜을 사용하는 네트워크 채널을 통하여 많은 양의 비디오 데이터 내용과 선택된 레벨을 포함한 형태의 선택된 프레임들을 전송하는 단계, 그리고 신뢰할 수 없는 통신 프로토콜을 사용하는 네트워크 채널을 통하여 낮은 양의 비디오 데이터 내용과 선택된 레벨을 포함한 형태의 선택된 프레임들을 전송하는 단계로 구성된, 발명에 따라서 제공되는 네트워크 채널을 통하여 비디오 서버에서 비디오 클라이언트로 비디오를 전송하는 방법이 있다.

추가적으로, 발명에 따라서 제공되는 네트워크 채널을 통하여 복수의 비디오 소스들로부터 비디오 클라이언트로 비디오를 전송하는 비디오 서버 시스템이 있는데, 각 비디오 소스는 비디오 데이터의 복수의 프레임들로 구성되고, 각각의 비디오 데이터 프레임은 단수의(single) 압축 레벨로 구성되고 특정한 형태로 되어 있다. 비디오 서버 시스템은 복수의 비디오 서버들로 구성되는데, 각각의 비디오 서버는 특정한 압축 레벨에서 한개의 비디오 소스와 관련되고, 각각의 비디오 서버는 그 특정한 비디오 서버와 관련된 비디오 소스로부터의 비디오 데이터의 프레임들을 입력하기 위한 수신 수단들, 수신 수단들과 결합된, 네트워크 채널의 이용가능한 대역폭에 따라서 전송할 특별한 형태를 가지는 어떤 프레임들을 결정하고 비디오 데이터의 프레임들을 네트워크 채널을 통하여 전송하기 위한 복수의 패킷들로 추상화하기 위한 송신 수단들, 수신 수단들과 송신 수단들의 작동을 관리하기 위한 제어기, 네트워크 채널의 이용가능한 대역폭에 근거한 비디오 데이터의 전송을 위해 이용할 어느 비디오 서버를 결정하는 비율 제어기(rate controller)로 구성된다.

송신 수단들은 비디오 서버를 비율 제어기로 연결(interfacing)하기 위한 수단들, 네트워크 채널의 이용가능한 대역폭을 측정하기 위한 대역폭 측정 단위(unit), 수신 수단들에 의한 비디오 프레임 데이터 출력률을 입력하기 위한 패킷 생성기, 비디오 프레임 데이터들을 전송을 위한 복수의 패킷들로 추상화하기 위한 패킷 생성기, 특정한 형태를 가진 어떤 프레임들이 전송되어야 할지를 결정하는 패킷 생성기, 패킷 생성기에 의한 복수의 패킷 출력률 네트워크 채널로 위치하기(placing)위한 패킷 전송기, 그리고 그것에 의하여 받은 패킷들에 응답하여 네트워크 채널을 통하여 비디오 클라이언트에 의해 송신된 통지를 받기 위한 수신자로 구성된다.

## 도표

### 도8

### 색인어

네트워크, GOP(group of pictures), IP(internet protocol), TCP, UDP.

### 영세서

### 기술분야

이 발명은 일반적으로 네트워크를 통해 비디오와 오디오 정보를 전송하는 것과 관련이 있고, 다양한 대역폭 수용량(capacities)들을 지닌 IP 네트워크 상에서 비디오와 오디오 정보의 전송을 적합화(adapting)하는 것과 특별한 관련이 있다.

## 배경기술

전통적으로, 전부는 아니지만, 오늘날 인터넷에서 찾아지는 내용의 대부분은 문자와 화상(image) 기반이다. 비디오 내용은 많은 새로운 자극(excitement)과 가치(value)를 광고, 온라인 훈련(training), 비디오 회의, 그리고 많은 다른 기능의 형태로 인터넷에 추가할 수 있지만, 이런 형태의 적용은 오늘날 드물다. 비록 그것들이 실제로 존재하더라도, 전체적인 경험의 질은 빈곤하다. 또한, 매우 종종, 가격(cost)이 넓은 범위의 전개(deployment)하기에는 금지될 정도로 너무 높다.

인터넷과 다른 TCP/IP 네트워크들은 실시간 오디오/비디오 스트리밍을 전송하는 환경에 도전하고 있다. 어느 특정한 순간에 접속을 위한 가능한 대역폭은 시간과 지역 모두에 따라 변한다. 이 대역폭의 변화로 인해 부분적인 오디오/비디오 내용을 포함하는 전체 패킷들은 손실(lost)될 수 있다. 또한, 네트워크를 통한 대기시간(latency)은 클라이언트에서 영원히 '지터(jitter)'로 표시되거나 선명함을 상실한 비디오를 유발한다. 이런 요인들은 네트워크 상의 지터(jitter)를 무시할 수 있는 상황에서는 파일 전송 상의 소용량(traffic)을 생각해 볼 때 참을 만한 수준일 것이다. 왜냐하면 높은 수준의 프로토콜은 에러와 데이터 손실을 보정해 줄 것이기 때문이다. 그렇지만 실시간 오디오/비디오 스트리밍 어플리케이션인 경우에는 데이터 전송 어려움이 있다.

TCP/IP 네트워크 상에서 비디오 전송의 주된 도전은 비디오는 대부분의 다른 형태의 데이터 객체(object)를 보다 훨씬 더 많은 대역폭을 필요로 한다는 것이다. 일례로, 해상도 640 X 480의 화면에서 30 fps로 한 시간의 영화를 보여주는 데 필요한 생(raw) 데이터는 약 100GB이다. 이 압축되지 않은 생 비디오를 10 Mbps 인터넷 링크를 통해 전송하기 위해선 약 22시간이 소비된다. 같은 비디오를 28.8Kbps 모뎀으로 전송하려면 대략 320일이 소비된다. 그러므로, 실제적으로는 유한한 속도를 지닌 네트워크를 통해서 실시간 비디오 전송을 하기 위해서는 비디오는 높은 비율로 압축되어야 한다.

비디오를 TCP/IP 네트워크 또는 일반적으로 어떤 네트워크 상에서 전송하는 또다른 주된 도전은 가변적인 대역폭으로 복사하는 것이다. 대역폭 변화의 두 면은 시간 독립적인 대역폭 변화와 사이트(site) 독립적인 대역폭 변화를 포함한다. 시간 독립적인 대역폭 변화는 네트워크 소용량의 변화 때문인데 네트워크는 할당된(shared) 자원이기 때문이다. 사이트 독립적인 대역폭 변화는 많은 비디오 관련 어플리케이션에 있어서, 비디오 데이터 스트림이 다수의 사이트들로 보내어진다는 사실로부터 발생한다. 서버로부터 각각의 사이트들로의 접속은 일반적으로 변화하는 이용가능한 대역폭들을 지닌다. 예를 들어, 같은 빌딩 안에서조차, 한 수신자가 국소 지역 네트워크(local area network: LAN)상에 있는 반면 다른 수신자는 집적 서비스 디지털 네트워크(integrated services digital network: ISDN)를 통해 접속되어 있을 수도 있다. 그러므로, 만약 이용가능한 대역폭이 동적으로 측정되고 이 측정이 각각의 사이트에 최적의 질의 비디오를 공급하는 데 사용된다면 유용할 것이다. 이것은 네트워크 자원의 낭비를 최소화하고 CPU 자원 사용을 줄일 것이다.

현재의 비디오 전송이나 전달 시스템은 본질적으로 위에서 언급된 TCP/IP 네트워크 상의 비디오 전송문제를 무시한다. 이 시스템들은 간단한 제어를 특정한 비디오 전송 대역폭을 선택하는 기능을 하는 비디오 스트림의 작성자나 송신자에게 제공한다. 일반적인 해결방안은 모든 수신자를 위한 가장 낮은 공통적인 대역폭으로 목적 전송 대역폭을 선택하는 것이다. 이 해결방안은 더 높은 대역폭에 액세스하는 사용자들에게 낮은 질을 초래한다. 다른 일반적인 해결방안은 소스의 소용량에 기반을 둔 비디오 데이터를 주입하는 것으로, 이리하여 다중스트림 네트워크 라우터들에게 필요한 만큼 패킷들을 버리는 것을 허용한다. 이런 해결방안은 네트워크 자원의 낭비를 초래한다.

## 표명의 생성과 설명

시종일관 사용되는 표기법

다음의 표기법은 이 문서 전체를 통해서 사용된다.

용어	의
AVI	Audio Video Interleaved
CPU	Central Processing Unit
GOP	Group of Pictures
GUI	Internet Protocol
IP	Integrated Services Digital
ISDN	Network
LAN	Local Area Network
MPEG	Motion Picture Expert Group
POTS	Plain Old Telephone Service
RSVP	Reservation Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol

이 문서 전체를 통해서, 비디오란 용어는 비디오 데이터와 오디오 데이터 모두를 포함하는 것으로 의미되는 것을 주의하라.

## 시스템 개관(System Overview)

현 발명은 시간에 따라 이용가능한 대역폭이 변화하는 네트워크 상에서 비디오와 오디오를 적합하게 전송하기 위한 시스템이다. 이 발명은 인터넷이나 다른 TCP/IP 네트워크 같은 인터넷 프로토콜(Internet Protocol: IP)을 이용하는 것을 포함하는 어느 타입의 네트워크에 대한 어플리케이션을 지니고 있다. 현 발명의 적합한 비디오 전송 시스템을 설명하는 하이 레벨의 블록 다이어그램이 도 1에서 보여지고 있다. 일반적으로 10으로 언급되는 시스템은 비디오 압축/파일 생성기(14), 비디오 서버(18), 그리고 하나 또는 그 이상의 비디오 클라이언트(22)로 구성된다. 명백함을 목적으로 오직 하나의 비디오 클라이언트만이 보여지고 있다.

비디오 클라이언트(22)와 협력하는 비디오 압축/파일 생성기(14)는 네트워크(20)상에서 압축된 비디오와 오디오 파일로 전송되는 비디오 스트림들을 압축(compress), 코드(code), 디코드(decode) 그리고 압축해제(decompress)하는 기능을 하는 비디오/오디오 코덱(codec) 또는 코더(coder)/디코더(decoder)로 구성된다. 압축된 파일은 아마도 AVI(Audio Video Interleaved) 포맷 같은 어느 적당한 포맷일 것이다. 네트워크는 TCP/IP 또는 그렇지 않으면 인터넷을 포함하는 어느 형태의 네트워크를 포함함을 주목하자. 압축된 비디오와 오디오 파일의 생성(16)은 온라인 또는 오프라인으로 행해질 수 있다. 일반적으로, 비디오와 오디오 파일은 오프라인으로 생성된다. 어느 적당한 비디오 압축 방법은 현 발명에서 MPEG(Motion Pictures Expert Group)-1, MPEG-2 또는 MPEG-4 표준에 관하여서 설명된 것 처럼 이용되어 질 수 있다.

발명의 한가지 중요한 점은 비록 이용가능한 네트워크의 대역폭이 시간과 지역에 따라 변할 지라도, 전송된 비디오의 품질(quality)은 이용가능한 대역폭에 따라 변한다는 것이다. 채널 대역폭에 따라서, 시스템은 POTS(plain old telephone service)를 20 Kbps로부터 스위치된 LAN 환경용 수 Mbps까지 범위를 가진 대역폭들의 복수를 수용할 압축 비율을 조정한다. 대역폭 조정은 비디오 해상도(예를 들어, 160X120, 320X240, 640X480), 프레임 속(예를 들어 30fps, 15 fps, 7.5 fps) 그리고 개인적인 프레임 품질(quality) 사이의 균형을 제공(offering)함으로써 공급된다. 이 유연성은 갖가지의 요구를 강조하는 다른 어플리케이션들에 있어서 유용하다.

시스템은 생(raw) 비디오 소스(12)로부터 여러 레벨을 포함하는 우선순위가 정해진(prioritized) 비디오 데이터 스트림을 생성하는 기능을 한다. 이 비디오 스트림은 파일(도 1의 압축된 비디오와 오디오 파일) 안에 저장되고 클라이언트(22)에 제공할 때 비디오 서버(18)에 의해 액세스 된다. 작동시, 비디오 클라이언트는 단지 비디오와 오디오 파일(16)을 구성하는 레벨들의 부분(subset)만 수신한다. 이 레벨들은 네트워크 접속과 어울리는 적합한 데이터 내용을 갖도록 선택되어진다. 이는 소모된 네트워크 대역폭과 비디오 이미지 품질 사이에 보다 나은 적합(fit)을 허용한다. 레벨들의 각각은 이전 레벨들의 상위에 세워지고, 더 높은 레벨들은 이전의 레벨들에 표현되지 않은 추가적인 정보를 제공한다. 이것은 대역폭이 클라이언트(end) 또는 인코더/서버 쪽 상에서 낭비되지 않음을 보증한다. 시스템은 클라이언트쪽으로 그렇게 전송되어서 네트워크상의 어느 개별적인 패킷의 손실도 클라이언트 쪽의 한결같은 낮아진(degraded) 품질을 발생하지 않는 비디오 스트림을 발생한다.

시스템에 의해 수행되는 확장가능한(scaleable) 압축은 상당한 다양성(diversity)과 이질성(heterogeneity)으로 특징지어진 인터넷 환경 안에서 투명한(transparent) 비디오에 적합하다. 시스템은 전송되고 있는 비디오 데이터의 이미지 품질을 이용가능한 네트워크 대역폭의 넓은 변화와 조화시키는 기능을 한다. 또한 시스템은 클라이언트 컴퓨터 시스템 상의 이용가능한 계산력(computing power)의 차이를 조화시키는 비디오 데이터를 조정할 수 있다. 시스템, TCP/IP 네트워크 상에서 찾아진 것과 같은 최선의 노력(best effort) 프로토콜들을 이용한, 은 이용가능한 대역폭의 시간에 따라 변하는 특성(nature)에 적응시킨다.

비디오 데이터의 전송동안, 서버 프로세스는 적합한 밀집(congestion) 제어 방법을 쓰는(employ) 기능을 한다. 방법은 네트워크 대역폭이나 링크 용량을 측정하고 링크를 통해서 알맞게 보내지는 비디오 데이터의 양을 조정하는 것이다. 현 발명의 시스템은 대역폭 예약 프로토콜(reservation protocol: RSVP)을 이용(exploit)하고 현재 전개(evolution)되고 있는 TCP/IP 네트워크의 서비스 특징의 질에 적응시킬 수 있다.

현 발명의 비디오 서버 부분을 좀 더 상세하게 설명한 하이 레벨의 블록 다이어그램이 도 2에서 보여진다. 비디오 서버(18)은 하나 또는 그 이상의 수신기들(30), 하나 또는 그 이상의 송신기들(32), 그리고 제어기(34)로 구성된다. 작동 중에, 수신기 인스턴스(instance)가 다른 비디오 객체에 대한 각각의 요청에 따라 생성된다. 수신기로서의 데이터 입력은 AVI 파일 데이터 파일로부터 공급될 수 있다. 예를 들면, 비디오 데이터 파일을 비디오 서버와 같은 컴퓨터 상에 위치하거나 원격(remote) 컴퓨터 상에 위치할 수 있다. 비디오 데이터 파일은 한 개(single)의 컴퓨터에 저장 될 수 있다. 예를 들면 비디오 서버, 또는 다중 기반(multiple platforms)상, 예를 들면 다중 비디오 서버들, 밑에 좀 더 상세히 설명한 것 처럼. 이런 경우에, 비디오 데이터는 원격 비디오 데이터와 비디오 서버를 접속하는 네트워크 상에서 전송된다. 수신기의 각 인스턴스(30)는 이전에 비디오 압축/파일 생성기 모듈(14)에 의해 생성된 비디오 데이터 파일로부터 데이터를 받는 기능을 한다.

송신기는 수신기로부터 비디오 프레임 데이터를 받아들이고 비디오 데이터를 클라이언트에 대한 네트워크의 전송을 위한 패킷들로 추상화(encapsulate)하는 기능을 한다. 설정될 접속을 리퀘스트 하는 각 클라이언트는 생성될 송신기의 인스턴스를 발생시킨다. 같은 클라이언트로부터의 다중 비디오 소스들을 위한 리퀘스트는 생성될 송신기의 추가적인 인스턴스들을 발생시킨다. 송신기는 비디오 소스 데이터 입력으로부터 수신기로서의 전송을 위한 패킷들을 조립(assemble)하는 기능을 한다. 패킷들은 비디오 전송 품질의 수준(level)을 위한 현재의 선택을 기반으로 형성된다. 대역폭 평가에 기반을 두고, 송신기는 클라이언트에게 가장 적합한 이용가능한 대역폭을 전송하는 품질의 적절한 수준을 결정한다. 조립된 패킷들은 비디오 클라이언트(들)과의 네트워크 접속을 통해 전달 목적으로 네트워크로 보내진다.

송신기는 또한 비디오 서버와 비디오 클라이언트 사이의 네트워크 접속의 이용가능한 대역폭을 평가한다. 좀 더 상세히 설명된 것 처럼, 송신기는 접속을 통해 보낼 적절한 비디오 품질 수준(level)을 결정하기 위하여 대역폭 평가를 이용한다. 만약 너무 낮은 비디오 품질이 선택되면 네트워크 대역폭이 낭비되고 더

나은 사진이 클라이언트 화면에 주어질 수 있다. 반대로, 너무 높은 비디오 품질이 선택되면 너무 많은 데이터가 손실되거나 또한 클라이언트 화면상의 사진의 품질이 상하도록(suffer) 변조(corrupted)될 수도 있다.

제어기(34)는 복수의 수신기들, 복수의 송신기들, 비디오 소스 파일로부터의 패킷들의 조립, 네트워크 접속을 통한 패킷들의 전송, 그리고 네트워크 접속의 대역폭의 측정을 관리하는 기능을 한다. 송신기는 이하에 좀 더 상세히 설명된다.

현 발명의 비디오 클라이언트 부분을 좀 더 상세히 설명한 하이 레벨의 블록 다이어그램은 도 3에서 보여진다. 비디오 클라이언트(22)는 패킷 수신기(50), 패킷 디코더(52), 디스플레이 생성기(54) 그리고 전송기(51)로 구성된다. 패킷 수신기는 비디오 패킷들을 네트워크 접속으로부터 들어올 때 받는 기능을 한다. 비디오 스트림 데이터는 제거되고 패킷 디코더(52)에 입력된다. 패킷 디코더는 비디오 데이터 스트림을 압축해제(decompress)하고 디코드 하는 기능을 하며 디코드된/압축해제된 비디오 스트림을 디스플레이 생성기(54)로 송신한다. 디스플레이 생성기는 실제적인 전송을 위한 비디오 데이터를 준비하고 호스트 컴퓨터의 디스플레이 하부조직(subsystem)에 표시하는 기능을 한다. 또한, 패킷 디코더는 비디오 서버로부터의 패킷들의 수신에 응답하여 표시(acknowledges)를 발생하는 기능을 한다. 표시, 다른 상태 정보와 더해져서, 들은 전송기(51)를 통해서 비디오 서버로 다시 송신된다.

비디오와 오디오 파일 생성과 포맷

비디오 소스 파일, 예를 들어 도 1에서의 비디오와 오디오 파일(16), 과 그 내부적 포맷은 이제 좀 더 상세히 설명될 것이다. 이전에 설명된 것 처럼, 네트워크 접속을 통해 클라이언트로 보내지는 비디오 스트림을 생성하는 비디오 서버에 의해 사용된 비디오 소스 파일은 도 1의 비디오 압축/파일 생성기(14)에 의해 생성된다. 압축/생성기에 대한 입력은 생(raw) 비디오 소스(12)이다. 생 비디오 소스는, 예를 들어, 압축되지 않은 AVI 파일일 수도, 압축되지 않은 QuickTime 파일일 수도 또는 압축된 MPEG-1 오디오/비디오 파일일 수도 있다.

비디오 압축/파일 생성기의 기능은 생 비디오 소스를 변화하는 품질의 다중 레벨들로 압축하는 것이다. 특히, 생 비디오 소스는 일반적으로 프레임이라고 언급되는 세 형태의 데이터 객체들로 압축된다. 프레임의 세 형태는 키(key) 프레임, P 프레임, 그리고 B 프레임을 포함한다. 이 프레임들은 각각 MPEG-1 상세 표준(공식적으로 ISO/IEC 11172라고 지정된)과 MPEG-2 상세 표준(공식적으로 ISO/IEC 13818)으로 설명된 I 프레임, P 프레임, 그리고 B 프레임과 비슷하다.

클라이언트로 전송되는 압축된 비디오 스트림은 GOP들(groups of pictures)이라 불리는 데이터 단위의 복수를 포함한다. 키(key) 프레임과 복수의 P와 B 프레임들을 포함하는 예시(example) GOP(group of pictures)를 설명하는 블록 다이어그램이 도 4에 보여진다. GOP(group of pictures)는 키, P, B 프레임들의 조합(combination)으로 구성된 일련의 프레임들을 포함한다. 각 GOP는 단수의 키 프레임들 그 뒤로 하나 또는 수개의 P와 B 프레임들이 따르는 최초 프레임으로 지니고 있다. P 프레임들은 이전에 키 프레임 또는 다른 P 프레임에서 전달된 비디오 데이터에 대한 증가하는 변화들을 포함하는 다른 프레임들에 의존한다. B 프레임들은 또한 이전에 키 프레임 또는 P 프레임에서 전달된 비디오 데이터에 대한 증가하는 변화들을 포함하는 다른 프레임들에 의존한다. B 프레임들은 이전의 B 프레임을 수정(modify)한 데이터를 결코 포함하지 않음을 주의하자. 그러므로, B 프레임은 일련의 GOP 차례에서 다음의 프레임들에 어느 영향 없이 전송중에 손실될 수 있다.

도 4를 참조하면, 예시 GOP가 키 프레임(60), 세 개의 B 프레임들(62, 66, 70) 그리고 세 개의 P 프레임들(64, 68, 72)을 포함하는 것으로 보여진다. 각 GOP는 일반적으로 비디오 상의 장면(scene)같은 비디오 정보의 특정한 단위나 양(chunk)을 표현한다. 예를 들어, 사용된 압축 기술에 의존하여, 격렬한 장면 변화(drastic scene changes)는 새로운 키 프레임에 의해 인출된(headed) 새로운 GOP의 생성을 시작(trigger)할 것이다. 비디오 스트림, 화살표로 보여지는, 은 차례로 전송되는 GOP들의 순서(sequence)로 구성된다. 프레임들의 세 형태의 각각은 이제 좀 더 상세히 설명될 것이다.

키 프레임들은 디코딩과 P, B 프레임들의 표시에 필수적인 모든 비디오 정보를 통합(incorporate)하도록 구성되어진다. 키 프레임들은 일반적으로 세 프레임들의 데이터 크기의 면에서 가장 크다. 오직 키 프레임들의 부분적인 정보만이 클라이언트로 전달되는 것이 가능하다. 만약 키 프레임들이 손실되거나 손상된 채로 도달하면, 연속되는 P와 B 프레임들은 키 프레임 안에 포함된 데이터에 의존(build on)하기 때문에 사용 될 수 없다.

P 프레임으로 통합된 비디오 데이터는 이전의 키 프레임이나 이전의 P 프레임의 근거해 예보되어지는(predicted) 데이터를 포함한다. P 프레임 안에 포함된 정보는 주로 P와 B 프레임의 디코딩과 표시에 필수적인 움직임 추정 정보(motion estimation information)이다. 만약 키 프레임 정보가 분실(missing)된 경우, 예를 들면 키 프레임이 건너뛰어지거나(skipped) 손실(lost)된 경우, 특정한 K 프레임에 근거한 모든 일련의 P 프레임들이 시각적 인위구조(visual artifacts)를 막기 위해 무시될 것이다. 비디오 서버는 비디오 클라이언트로부터의 피드백에 근거한 부분적인 키 프레임 정보가 분실되었다는 사실을 대역폭을 유지하기 위해 변조(corrupted)되거나 손실(lost)된 키 프레임에 근거한 일련의 P 프레임들의 전송을 건너뛰는(skip) 데에 이용한다.

B 프레임으로 통합된 비디오 데이터는 이전에 키 프레임이나 P 프레임 안에서 전송된 정보에 근거한 움직임 추정 정보를 포함한다. B 프레임들은 결코 이전에 전송된 B 프레임에 근거하지 않음을 주의하자. 어떤 키 프레임이나 P 프레임 데이터가 분실된 경우, 예를 들면 키 또는 P 프레임이 건너뛰어지거나(skipped) 손실된 경우, 손실된 프레임에 연속되는 모든 B 프레임 데이터는 대역폭을 유지하기 위해 비디오 서버에 의해 건너뛰어진다. 네트워크는 어떤 특정한 대역폭이나 예로부터 자유로운 네트워크 접속을 보장하지 못하기 때문에 생 비디오 소스는 변화하는 품질의 정도를 갖는 비디오 데이터로 구성된 다중 형태의 프레임들로 압축된다. 그러므로, 이 다중 프레임 형태들은 다양한 정도의 중요성과 우선순위로 할당될 수 있다. 모든 프레임 형태들에서 가장 중요한 것은 가장 높은 우선순위로 할당되는 키 프레임들이다. 가장 중요하기 때문에, 키 프레임들은 신뢰할 만한 기법을 사용하여 전송된다. 이러한 신뢰할 만한 기법은 TCP나 신뢰할 만한 UDP같은 네트워크 프로토콜의 사용을 포함한다. 신뢰할 만한 UDP는 응용 계층(Application Layer)과

같은 통신 스택의 더 높은 계층에 자리한 신뢰할만한 기법과 함께 UDP-기본적으로 신뢰할 수 없는 프로토콜을 이용하는 것을 설명한다. 상위의 통신 레벨들은 패킷들이 클라이언트에게 전달되었음을 보장한다.

두번째로 가장 중요한 프레임 형태는 상기 설명된 신뢰할만한 UDP와 같은 얼마간(semi) 신뢰할 수 있는 프로토콜을 사용하여 전송된 P 프레임들이다. 만약 P 프레임들이 클라이언트로 가는 경로 중에 손실되거나 변조된다면, 비디오 서버는 그들을 재전송하거나 재전송하지 않을 것이다. 예를 들어, 만약 너무 많은 시간이 지났으면, 대체 패킷들은 클라이언트에게 표시하기엔 너무 늦게 도착할 것이다.

가장 덜 중요한 프레임의 형태는 UDP같은 신뢰할 수 없는 프로토콜을 이용하여 보내지는 B 프레임들이다. B 프레임 데이터는 서버와 클라이언트 사이의 네트워크 접속의 상태에 기인하여 비디오 클라이언트에 도달할 것이다. B 프레임 데이터의 클라이언트로의 도달때, 클라이언트는 그것이 유용하고 디스플레이되어야 할 것인지 아닌지를 결정한다. 만약 클라이언트가 B 프레임이 알맞지 않다고 결정하면, 보간(interpolation) 기법이 비디오의 질을 향상시키기 위해 사용된다.

이전에 설명된 것처럼, 비디오와 오디오 소스 파일(또는 1의 압축된 비디오와 오디오 파일(16))에 저장된 비디오 스트림은 GOP들의 연속으로 그룹지어진 세 형태의 프레임들, 예를 들어 키 프레임들, P 프레임들, 그리고 B 프레임들로 구성되어 있다. 또한, 각 프레임 형태는 상세한 다중 레벨들로 더욱 구성된다(break down). 여기서 보여지는 예시 프로토콜과 파일 포맷에서, 각 프레임 형태는 더욱 1에서 5까지 번호가 주어진다 다섯의 다른 비디오 데이터 레벨들로 구성된다. 레벨 1은 가장 낮은 비디오 품질을 표현하는 데이터의 가장 적은 양을 포함하고 레벨 5는 가장 높은 비디오의 품질을 표현하는 데이터의 가장 많은 양을 포함한다.

비디오 압축/파일 생성기에 의한 각 프레임(키, P, B 프레임들) 출력은 모든 다섯 레벨들의 데이터로부터 구성된다. 그러므로, 비디오 소스 파일을 출력 비디오의 품질에 있어서 넓은 변화를 표현하는 데이터를 포함한다. 비디오 압축/파일 생성기는 각각이 키, P, 그리고 B 프레임들의 특정한 조합을 지니고 있는 GOP들을 조합하는 기능을 한다. 그러므로, 몇몇 GOP들은 보다 소수의 또는 더 많은 P와 B 프레임들을 지닐 수 있다. 각 프레임, 그렇지만,은 각각의 다섯의 품질 해상도 수준들을 위한 비디오 데이터를 포함하고 있다. 그러나, 각 GOP에 있어서, 비디오 클라이언트는 단지 단수의 레벨에 일치하는 데이터를 수신한다. 비디오 서버는 각 GOP를 위해서 클라이언트로 전송되는 데이터의 적절한 레벨을 결정한다. 한 번 비디오 품질의 수준이 비디오 서버에 의해 결정되면, 그것은 전체의 GOP를 위해서 사용된다. 인접한 GOP들은 다른 레벨의 데이터로 구성될 수 있다. 그러나, 다른 레벨들의 데이터는 GOP안에서 전송될 수 없다.

현 발명의 파일 포맷으로 저장된 키 프레임을 구성하는 비디오 데이터의 다섯 레벨들을 설명하는 다이어그램은 도 5에 보여진다. 견본의 키 프레임과 다양한 해상도, 품질의 데이터의 그 다섯 레벨의 각각은 도 안에서 보여진다. 각 레벨은 상응하는 데이터 크기와 함께 보여진다. 레벨들의 데이터 크기는 각각 레벨 1, 2, 3, 4, 5에 대응하여 0.5KB, 1KB, 3KB, 7KB, 15KB이다. 그러므로 모든 다섯 레벨들을 위한 견본 키 프레임의 총 데이터 크기는 26.5KB이다. 도 5의 데이터 크기와 일련의 도면들은 예시 파일을 표시하고 단지 설명목적이다. 그러나, 각 레벨들을 위한 데이터의 상대적인 크기는 레벨 1에서 레벨 5쪽으로 갈 수록 증가한다. 레벨 5가 가장 높은 품질의 비디오 데이터를 포함하기 때문에 이것이 예상되어 질 수 있다.

현 발명의 파일 포맷으로 저장된 P 프레임을 구성하는 비디오 데이터의 다섯 레벨들을 설명하는 다이어그램은 도 6에서 보여진다. 견본의 P 프레임과 다양한 해상도, 품질의 데이터의 그 다섯 레벨의 각각은 도 안에서 보여진다. 각 레벨은 상응하는 데이터 크기와 함께 보여진다. 레벨들의 데이터 크기는 각각 다섯 레벨 1, 2, 3, 4, 5에 상응하여 0.1KB, 0.2KB, 0.5KB, 1KB, 2.2KB이다. 그러므로 모든 다섯 레벨들을 위한 견본 P 프레임의 총 데이터 크기는 4KB이다.

현 발명의 파일 포맷으로 저장된 B 프레임을 구성하는 비디오 데이터의 다섯 레벨들을 설명하는 다이어그램은 도 7에서 보여진다. 견본의 B 프레임과 다양한 해상도, 품질의 데이터의 그 다섯 레벨의 각각은 도 안에서 보여진다. 각 레벨은 상응하는 데이터 크기와 함께 보여진다. 레벨들의 데이터 크기는 각각 다섯 레벨 1, 2, 3, 4, 5에 상응하여 0.15KB, 0.35KB, 0.5KB, 1KB, 3KB이다. 그러므로 모든 다섯 레벨들을 위한 견본 B 프레임의 총 데이터 크기는 5.0KB이다.

비디오 스트림을 구성하는 키, P 그리고 B 프레임들로 구성된 견본 GOP(group of pictures) 순서(sequence)를 설명하는 다이어그램은 도 8에서 보여진다. 이 예에서, 비디오 서버는 레벨 2 데이터가 이 GOP를 위해 보내져야 한다고 결정하였다. 그러므로, 키 프레임(80), B 프레임들(82, 86, 90) 그리고 P 프레임들(84, 88, 92)들이 레벨 2 데이터를 묘사(depicting)하고 관련된 데이터 크기로 보여진다. GOP의 총 데이터 크기는 2.485KB이다.

#### 비디오 서버 과정(Video Server Process)

현 발명의 비디오 전송 시스템의 비디오 서버 부분은 이제 좀 더 상세히 설명될 것이다. 비디오 서버의 기능은 원격의 클라이언트 접속 리퀘스트를 수락(accept)하고, 지역적 또는 원격적으로 저장된 파일을 검색(retrieve)하고, 그것을 클라이언트에게 전송(transmit)하는 것이다. 비디오 정보의 전송전이나 전송중에, 서버는 서버로부터 클라이언트로의 데이터 흐름의 비율을 적절히 조정한다. 이 비율은 데이터 채널의 대역폭의 최초 평가(estimation)에 근거하여 미리 조정된다. 더하여, 데이터 비율은 서버와 클라이언트 사이의 접속의 통계적인 평가(statistical evaluation)를 사용하는 대역폭 평가 방법을 사용하여 전송 중에 조정된다. 서버에 의한 동적인 데이터 비율의 조정은 클라이언트가 접속의 대역폭 용량에 적합한 품질을 갖는 비디오를 받도록 허용한다. 더욱이, 서버/클라이언트 접속 중에, 클라이언트는 서버에 의한 데이터의 전송을 제어할 수 있고, 그러므로 요구되는 즉시 비디오를 수행할 수 있다.

클라이언트에 의해 전송되는 통지 패킷은 마지막으로 수신한 패킷의 증명(identification), 도착시간과 이전 통지의 전송 이후로 손실된(missed) 어느 패킷들의 리스트를 포함한다.

비디오 서버의 송신기 부분을 좀 더 상세히 설명한 하이 레벨의 다이어그램은 도 9에서 보여진다. 송신기(32)는 프레임 선택기(100), 패킷 생성기(102), 패킷 전송기(104), 비율 제어 단위(106) 그리고 수신기(108)로 구성된다. 작동시, 프레임 선택기는 수신기로부터 모든 다섯 레벨들의 데이터를 포함하는 가



특한프레임 비디오 데이터를 수락하고 다섯 레벨들의 데이터 중에서 특정한 클라이언트와의 접속에 적절한 레벨의 데이터를 선택하는 기능을 한다. 어떤 압축 레벨을 송신할 지의 선택은 클라이언트 상에서 클라이언트를 기초로 하여 만들어진다. 프레임 선택기는 비율 제어 단위(106)에 의해 제공되는 대역폭 정보를 데이터의 다섯 레벨의 어느것을 패킷 생성기로 보낼 지를 결정하는 데에 사용한다. 생 비디오 소스 데이터가 아마도 다섯 레벨보다 약간 많거나 적게 압축되었음을 인식하는 것은 중요하다. 더 높은 레벨수는 접속을 통하여 송신되는 데이터의 양에 대한 이용가능한 대역폭을 정밀히 조절(tuning)하는 것을 허가한다.

평균된 대역폭 측정에 결합하여, 프레임 선택기는 레벨 대역폭 표를 어떤 레벨 데이터를 선택할 지를 결정하는 데에 이용한다. 다른 레벨 대역폭 표는 각각의 비디오 소스 파일과 관련된다. 레벨 대역폭 표는 다섯의 가능한 압축 레벨들의 각각을 위한 엔트리(entry)를 포함한다. 각각의 엔트리는 그 레벨에서 데이터를 전송하는 데 필요한 평균 대역폭을 포함한다. 프레임 선택기는 네트워크 접속이 비율 제어 장치에 의해 행해진 대역폭 측정을 이용하여 유지(support)할 수 있다는 대부분의 정보 내용을 가지고 있는 레벨을 선택한다. 예를 들어 견본 비디오 소스 파일을 위한 레벨 대역폭 표는 다음과 같다.

레 벨	요구되는 대역폭(Kbps)
5	200
4	100
3	50
2	20
1	10

만약, 예를 들어, 비율 제어 단위가 네트워크 접속의 대역폭을 25Kbps라 측정한다면, 프레임 선택기는 오직 레벨 2 데이터를 통과할 것이다. 그러므로, 프레임 선택기의 출력은 비디오 프레임들 - 그 안에서 각 비디오 프레임은 비디오 압축 레벨들의 오직 하나(이 예에선 레벨 2 데이터)로부터의 데이터를 포함하는 - 의 연속(sequence)을 포함할 것이다.

클라이언트로 송신되는 바로 그(very) 최초 비디오 프레임이나 패킷에 있어서 어떠한 대역폭 평가도 이용 가능하지 않음을 주의하는 것이 중요하다. 이것은 밑에 좀 더 자세히 설명되는 것처럼, 대역폭 평가 방법은 전송된 패킷들을 채널의 대역폭을 결정하는 데에 이용하기 때문이다. 그러므로, 최초의 패킷이 송신되기 전에, 다른 기법이 최초로 채널의 대역폭을 결정하는 데 사용된다. 비디오 소스를 개방하라는(open) 리퀘스트시에, 비디오 클라이언트는 서버로 마지막에 클라이언트가 서버로 접속된 접속의 대역폭을 전송한다. 이 기법은 클라이언트가 서버와 가졌던 이전의 접속이 현 접속과 유사할 거라는 추측에 기반을 두고 있다. 컴퓨터가 두 가지 방법, 예를 들어 다이얼 업 모뎀과 고속 LAN을 통하여 TCP/IP 네트워크에 물려있는(attached) 경우, 이 기법은 정확한 최초 대역폭 평가를 제공하지 않는다.

패킷 생성기(102)는 비디오 데이터를 지닌 프레임들을 특정한 압축 레벨로부터 수신하고 그들을 네트워크를 통해 전송할 패킷들로 추상화(encapsulate)하는 기능을 한다. 조합된 패킷들은 네트워크 상으로 패킷의 전달책임을 지는 패킷 전송기(104)의 출력이다. 또한, 수신된 프레임들로부터 패킷들을 준비하기 위해, 패킷 생성기는 (필요한 경우)어떤 프레임들을 건너뛰 지(skip)를 결정하는 기능을 한다. 측정된 채널의 대역폭에 의조하여, 패킷 생성기는 전송된 비트 비율을 줄이기 위해 프레임들을 건너뛰 수 있다. 이것은 네트워크 접속의 대역폭이 모든 키, P 그리고 B 프레임의 전송을 유지할 수 없을 때 발생한다. 어느 프레임을 선택할 지를 고르는 방법은 이하에 좀 더 상세히 설명된다.

패킷 생성기는 패킷 전송기에 의해 그렇게 하라고 요구받을 때까지는 패킷들을 패킷 전송기(104)로 송신하지 않는다. 네트워크상의 패킷 전달은 비율 제어 단위(106)에 의해 제어된다. 비율 제어 단위는 클라이언트에서의 디스플레이를 위해 큐에 대기되는(queued) 시간의 관점에서 비디오 정보의 양의 트랙(track)을 유지한다(keep). 게다가, 비디오 소스로부터의 비디오 프레임들은 동기화(synchronization) 목적으로 시간 간 날인된다(time stamped). 비율 제어 단위는 표시 수신기(108)를 통해 클라이언트에 의해 수신된 표시들을 다음 패킷 전송 시간을 결정하는 데에 사용한다. 한 번 패킷 전송기가 데이터의 다음 패킷을 송신 하라고 통지된다면, 그것은 패킷 생성기로부터 패킷을 요구한다.

수신기(108)에 의해 수신한 표시(acknowledges or ACKs)의 통지는 또한 클라이언트에 의한 적절한 영수(receipt)를 보증하기 위하여 패킷 전송기로의 입력이 된다. 또한, 패킷 전송기는 클라이언트로 전송되는 패킷들의 버퍼(buffer)를 유지한다. 비디오 서버가 패킷의 재전송을 결정한 경우에, 패킷 전송기는 버퍼로부터 패킷을 탐색(retrieve)한다. 한 번 패킷의 영수(receipt)가 클라이언트에 의해 표시되면, 패킷은 버퍼에서 삭제되고 버퍼 공간은 비어진다(freed up).

#### 네트워크 대역폭 측정 과정(Network Bandwidth Measurement Process)

송신기 내의 비율 제어 단위(106)에 의해 수행된 것같은 대역폭 측정 방법이 이제 좀 더 자세히 설명될 것이다. 대역폭 측정 방법은 실질적으로 두 가지 분리된 단계(phase)를 포함한다. 검사된(scanned) 단계인 첫번째 단계와 고정된(fixed) 단계인 두번째 단계. 일반적으로, 대역폭 측정 방법은 네트워크 접속을 통한 패킷 전송에 의해, 그리고 클라이언트에서 패킷들의 수령(reception)의 비율을 측정함에 의해 작용한다. 수신기 비트 비율 대(versus) 온라인상 바이트의 수를 설명하는 그래프가 도 10에 보여진다. 네트워크 파이프를 통해 전송된 바이트의 수는 바이트가 클라이언트에서 더 빨리 수신되지 않는 점에 도달할때 까지 느리게 증가한다. 용어 온라인상 바이트는 서버나 송신기에 의해 전송되었으나 아직 클라이언트에 의해 수신되지 않는 패킷들이나 바이트들의 수를 의미한다. 대역폭 측정 방법의 이런 검사(scan) 단계 부분 동안에, '즉시(immediate)' 플랙은 송신기에 의해 전송되는 각 패킷을 위해 '온(on)'으로 세트된다. 이것은 클라이언트가 매 수신된 패킷을 위한 표시 패킷을 송신하는 것을 유발한다. 그러므로, 송신기는 클라이언트로 전송되는 매 패킷마다 표시 패킷을 수신해야 한다. 도 10에서 보여지는 것처럼 패킷 또는 온라인 상 바이트의 수가 증가하여, 클라이언트가 더 빠르게 패킷들을 수신할 수 없는 점에 이르렀다. 이 점

에서의 상응하는 수신 비율이 네트워크 채널의 대역폭의 평가(estimate)로써 모델되어진다(modeled).

대역폭 측정 방법의 검사 단계 부분이 이제 좀 더 상세히 설명될 것이다. 현 발명의 대역폭 측정 방법의 검사 단계를 묘사하는 하이 레벨의 흐름도가 도 11에 보여진다. 이전에 서술된 것 처럼, 대역폭 측정 방법의 검사 단계 도중에는 즉시 플랙이 송신기에 의해 전송되는 모든 패킷들을 위해 '온(on)'으로 세트된다. 이것은 클라이언트가 채널상으로 수신된 모든 패킷을 위하여 표시 패킷을 즉시 송신하도록 강제한다. 게다가, 표시 패킷은 또한 최후로 수신된 패킷이 최후로 수신된 패킷의 일련의 수(sequence number)보다 더 큰 일련의 수를 지니고 있는 경우 송신된다. 이런 경우에, 패킷 손실 사건(packet loss event)가 발생한다. 또한, 이전의 표시가 예정된 타임아웃 기간을 경과하여 송신된 경우에 표시 패킷이 송신된다. 예를 들어, 만약 타임아웃 기간이 3초인 경우에, 만약 최후의 패킷이 3초가 경과되어 수신되었다면 표시가 송신된다.

클라이언트에 의해 송신된 표시 패킷은 최후로 수신된 패킷의 확인(identification)을 포함한다. 도착시간과 지난번의 표시의 전달 이후로 손실된 어떤 패킷들의 리스트를. 처음에, 권장된 바이트 온라인(RecommendedBytesOnline)은 패킷의 사이즈(PacketSize)(단계 110)와 동등하게 설정된다. 다음 단계에, 단수의 패킷이 송신기에 의해 클라이언트로 송신된다(단계 112). 바이트 온라인의 현재 수(BytesOnline)이 그리고는 계산된다.(단계 114) 송신기는 클라이언트로부터 수신된 각 표시에 대한 지식을 갖추어 더하여 네트워크 파이프에 위치해 있는 각 패킷에 대한 지식을 갖고있기 때문에 BytesOnline의 수는 계산될 수 있다. 그러므로 어느 한 시간에 있어서 송신기는 아직 네트워크 파이프 안에서 눈에 띄는(outstanding) 패킷들을 안다. 다음에, 바이트 온라인의 수는 권장된 바이트 온라인에 비교된다(compared)(단계 116). 바이트 온라인의 수는 표시된 마지막 패킷의 일련의 수로부터 삭제(subtracted)된 채로 송신된, 송신기에 의해 알려져서, 마지막 패킷의 일련의 수를 이용하여 계산되어질 수 있다. 이 양자의 엔티티(entities)들은 송신기에 의해 알려지고 그러므로 바이트 온라인의 수는 계산되어질 수 있다. 만약 바이트 온라인의 수가 권장된 바이트 온라인보다 적다면 제어는 단계 112로 돌아가고 추가적인 패킷이 네트워크 파이프 속으로 위치한다. 이런 방법으로 바이트 온라인의 수는 권장된 바이트 온라인과 동등하게 만들어진다.

패킷이 송신된 후에, 타임 아웃이 특정한 값으로 설정된다. 예를 들면 1000으로(단계 118). 송신기는 그리고는 표시 또는 타임아웃이 발생하기(단계 120)를 기다린다. 만약 타임아웃이 발생하게 되면 패킷이 손실되고 다른 패킷이 그리고는 전송(단계 122)되었기 때문이다. 제어는 단계 112로 돌아간다. 만약 표시가 수신되면, 표시된 바이트 온라인의 수(AckBytesOnline)는 그리고는 계산된다(단계 124). 표시된 바이트 온라인은 최후의 표시된 패킷을 위한 권장된 바이트 온라인과 동등하다. 송신기에 의해 송신된 각 패킷은 특정한 패킷이 송신된 시간에 권장된 바이트 온라인을 가리키는 수와 관련이 있다. 이 수는 송신기의 로그(log) 안에 기록되고 전송된 특정한 패킷과 관련이 있다. 패킷이 표시될 때 저 특정한 표시를 위한 권장된 바이트 온라인은 재호출(recalled)된다. 만약 표시된 바이트 온라인의 값이 권장된 바이트 온라인보다 작다면 제어는 단계 112로 돌아가고 다른 패킷이 네트워크 파이프속으로 위치한다(단계 126). 만약 표시된 바이트 온라인의 수가 바이트 온라인의 수와 동등하다면 수신 대역폭이 계산된다(단계 128).

이 단계들의 영향은 네트워크 파이프 안의 패킷이나 바이트의 수를 일정하게 유지하고 정상 상태(steady state)로 유지하는 것이다. 표시가 파이프 안으로 위치한 모든 패킷들을 위하여 수신되고 때문에 수신 대역폭은 송신 속도로부터 계산된다. 이것은 표시 패킷이 송신기로부터 패킷을 수신하는 클라이언트로 즉시 송신된다는 것을 추측하게(assume) 한다. 만약 파이프의 수신 대역폭이 초과되지 않으면 송신기에서의 송신 비율은 클라이언트의 수신 비율과 동등해야 한다. 그러므로, 채널의 최대 대역폭이 초과되지 않는 한, 송신 비율이 수신 비율로 모델되어지고 상응하여 수신 대역폭이 계산되어 질 수 있다.

그러므로 수신 대역폭이 고르게 되었는지(levelled off) 아닌지가 결정되어 질 수 있다(단계 130). 도 10을 참조하여, 이 단계에서, 바이트 온라인의 수가 도면의 오른쪽의 곡선의 대부분에서 보여지는 것 처럼 고르게 되기 시작하는 지 아닌지가 체크된다. 수신 대역폭의 고른 현재 수신 대역폭을 수신 대역폭의 최근 다섯 값들의 평균과 비교함으로써 탐지될 수 있다. 만약 수신 대역폭의 가장 최근의 값이 평균의 5% 이내이면, 수신 대역폭은 고른 것으로 생각된다. 따라서, 네트워크 접속의 대역폭은 최근에 수신된 값으로 추측된다. 만약 수신 대역폭이 고르지 않다면, 예를 들어 이전의 다섯 측정값들의 평균의 5%내라면, 그러면 권장된 바이트 온라인 (RecommendedBytesOnline)은 패킷 크기에 의해 증가된다(단계 132). 제어는 단계 112로 돌아가고 추가의 패킷이 네트워크 파이프 상에 위치한다.

만약 수신 대역폭이 고르지 않은 것으로 발견된다면 그것은 바이트 온라인의 수가 도 10의 곡선의 직선 부분에 대응한다는 것을 의미한다. 그러므로, 네트워크 파이프의 최대 대역폭에는 도달하지 않았고 추가의 패킷들이 네트워크 채널 상으로 주입될 수 있다. 만약 수신 대역폭이 고른 것으로 발견된다면 권장된 대역폭 (RecommendedBW)은 수신 대역폭(ReceivingBW)의 현재 값과 동등하게 설정되어 진다(단계 134). 권장된 대역폭 값은 비율 제어 단위에 의해 네트워크 접속의 대역폭의 최초 측정값으로써 이용된다.

대역폭 측정 방법의 검사(scan) 단계(phase) 부분은 최초로 네트워크 채널의 대역폭의 상대적인 미완성의(crude) 측정으로 사용된다. 비디오 서버의 송신 부분의 정상 상태 동작 중에 고정된(fixed) 상태(phase) 대역폭 측정 방법이 더 나은 미세한 조율(tune)과 네트워크 채널의 대역폭에 있어서 트랙(track) 변화에 이용된다. 현 발명의 대역폭 측정 부분의 고정된 상태 변화를 설명하는 하이 레벨의 흐름도가 도 12에 보여지고 있다. 대역폭 측정 방법의 고정된 상태 중에 즉시 플랙이 송신기에 의해 송신되는 각 패킷에 있어서 '오프(off)'로 설정된다. 첫 단계는 송신할 시간 (TimeToSend)을 표시하는 변수를 현재 시간, 예를 들어 지금, 과 동등하게 설정하는 것이다(단계 140). 다음, 송신할 시간의 값이 현재 시간보다 크거나 동등한지 아닌지가 체크된다(단계 142). 만약 송신할 시간이 현재 시간보다 크거나 동등하면, 패킷이 네트워크 채널 상으로 송신된다(단계 150). 패킷에 관한 정보는 그리고는 데이터베이스 속에 저장된다(단계 152). 데이터 베이스 속에 저장된 정보는 패킷ID, 패킷크기(PacketSize) 그리고 전송할 시간(TimeToSend)의 값을 포함한다. TimeToSend를 위한 새로운 값, 다음 패킷의 전송을 위한 시간을 표시하는, 은 그리고는 TimeToSend, RecommendedBW 그리고 PacketSize의 현재 값에 근거하여 계산되어진다 (단계 160). 제어는 그리고는 다음 패킷을 송신할 시간인지 아닌지를 체크하는 단계 142로 돌아간다.

만약 송신할 시간의 값이 도달하지 않으면, 표시가 수신되었는지 아닌지가 체크된다(단계 144). 만약 표

시가 수신되지 않았으면, 제어는 단계 142로 루프(loops)되고 송신할 시간은 다시 체크된다. 만약 표시가 수신되었으면, 표시 패킷안에 포함된 정보가 데이터베이스 안에 저장된다(단계 146). 데이터베이스안에 저장된 정보는 표시 패킷 ID(AckPacket ID), 수신할 시간(TimeToReceive) 그리고 표시시간(TimeToAck)을 포함한다. 표시 패킷 ID의 값은 ID의 값이거나 표시 패킷 그 자체의 일련의 수이다. 수신할 시간은 표시 패킷과 교환하는 송신기에 의해 전송된 패킷의 도착시간을 표시하는 클라이언트에 의해 생성되는 타임스탬프(time stamp)이다. 표시시간은 표시 패킷이 비디오 서버에 의해 수신된 시간을 나타내는 송신기에 의해 생성된 타임스탬프이다.

다음 단계에선, 다양한 엔티티들(entities)이 계산된다(단계 148). 송신기에 의해 송신된 바이트의 수(BytesSent)는 최근의 응답>LastResp)과 이전의 응답 (PreviousResp)를 이용하여 계산된다. 이전 응답과 최근 응답을 위한 데이터는 송신기에 의해 수신되는 저마다의 표시 패킷들로부터 생성된다. 유사하게, 클라이언트에 의해 수신된 바이트의 수(BytesRec)는 이전 응답과 최근 응답을 위한 표시 패킷에 포함된 정보를 사용하여 계산되어진다. 송신률(SendRate)은 그리고는 이하에 보여지듯이, 송신된 바이트의 수를 이전 응답을 위한 송신할 시간(TimeToSend)와 최근 또는 현재 응답을 위한 송신할 시간의 차로 나눔으로써 계산할 수 있다.

$$\text{송신률(SendRate)} = \frac{\text{송신된바이트수(BytesSent)}}{\text{전송할시간(이전응답)} - \text{전송할시간(최근응답)}}$$

유사하게, 수신률(RecRate)은 시간에 의해 수신된 바이트의 수를 이전 응답을 위한 수신할 시간과 최근 응답을 위한 수신할 시간의 차로 나눔으로써 계산할 수 있다.

$$\text{수신률(RecRate)} = \frac{\text{수신된바이트수(BytesRec)}}{\text{수신할시간(이전응답)} - \text{수신할시간(최근응답)}}$$

송신률은 그리고는 수신률에 비교하여 진다(단계 154). 만약 송신률이 수신률보다 적거나 동등하면 이것은 네트워크 접속이 덜 이용되고 대역폭의 부분이 사용되지 않은 채 남아있는 것을 의미한다. 이런 경우에, 권장되는 대역폭이 특정한 양, 예를 들어 10X(단계 158),에 의해 증가된다. 만약 송신률이 수신률보다 크다면 이것은 너무 많은 데이터들이 네트워크 파이프 속으로 들어가고 있고 송신률이 감소될 필요가 있다는 것을 의미한다. 그러므로 권장되는 대역폭이 수신률(단계 156)과 동등하게 설정된다.

대역폭이 증가하던지 감소하던지 간에, 다음 단계는 현재의 송신할 시간, 권장되는 대역폭 그리고 패킷 크기(PacketSize)에 기반을 둔 새로운 송신할 시간을 결정하는 것이다(단계 160). 제어는 그리고는 다른 패킷을 보낼 시간이 도달했는지 아닌지가 체크되는 단계 142로 돌아간다.

이 방법을 이용하여, 송신기는 항상 네트워크 파이프를 가득하도록(full) 유지함으로써 이용가능한 대역폭을 가능한 한 효율적으로 이용하도록 노력한다. 달리 말하면, 송신기는 바이트 온라인의 수를 네트워크 접속의 대역폭에 상응하여 유지하도록 시도한다. 만약 송신기가 네트워크 접속의 대역폭이 덜 이용되고 있다고 감지하면 그것은 바이트 온라인의 수를 그에 알맞게 증가한다. 거꾸로, 만약 송신기가 네트워크 접속의 대역폭이 초과되었다고 결정하면 그것은 그에 알맞도록 적절하게 송신률을 낮춘다.

이전에 논의된 것 처럼, 패킷 생성기(102, 도9)는 프레임 선택기(100)로부터 특정한 레벨을 위한 비디오 프레임들을 수신한다. 패킷 생성기의 기능은 비디오 프레임 데이터를 패킷들로 추상화하고 그것들을 패킷 전송기(104)로 전송하는 것이다. 또한, 패킷 생성기는 어느 프레임들이 패킷들로 추상화하고 패킷 전송기로 보내지는지를 결정한다. 패킷 생성기는 비율 제어 단위(106)에 의해 결정된 권장된 대역폭을 기초로 하여 어떤 프레임들을 추상화할 지를 결정한다.

현 발명의 송신기 부분에 의해 수행됨으로써 전송되는 프레임들을 선택하는 방법을 설명한 하이 레벨의 흐름도가 도 13에 보여진다. 최초로, 값 Q는 비디오 클라이언트 안의 큐의 최적의 크기를 표현하는 특정한 값으로 설정된다. 큐의 크기는 적절히, 예를 들면 초로, 측정되고 비디오 클라이언트 안에서 표시되도록 준비된 현재 대기행렬에 넣어진(queued) 비디오 정보의 양을 표시한다. 패킷 생성기는 이 큐의 현재 레벨을 키, P 그리고 B 프레임들의 어느 것을 패킷 전송기에 송신할지를 결정하는 데에 사용한다.

처음에, 클라이언트 큐의 현재 레벨이 클라이언트 큐의 적절한 크기를 표시하는  $Q_{opt}$ 의 절반보다 적은지 아닌지를 확인하는 것이 체크된다(단계 190). 만약 클라이언트 큐의 크기가 이 값의 절반보다 적다면 단지 키 프레임만이 송신된다(단계 194). 이런 경우에 시간 고려때문에 단지 키 프레임들만이 송신된다. 클라이언트 큐의 레벨은 너무 짧아서 키, P 그리고 B 프레임들을 보낼 수 없는 것으로 고려된다.

만약 클라이언트 큐의 레벨이 적절한 큐  $Q_{opt}$ 의 절반과 적절한 큐의 전부 사이라고 찾아진다면, 키와 P 프레임들 양자가 송신된다(단계 196). 이런 경우에, 클라이언트 큐가 키와 P 프레임들의 전송을 허용하는 시간의 관점에서 충분한 비디오 정보를 포함하는 것으로 고려된다. 마지막으로, 만약 클라이언트 큐의 크기가 적절한 큐의 수준과 동일하거나 그 이상이면, 키, P 그리고 B 프레임들이 클라이언트로 송신된다(단계 198). 이런 경우에, 클라이언트 큐가 키, P 그리고 B 프레임들을 송신할 충분한 시간을 허용하는 충분한 비디오의 시간을 포함하고 있는 것으로 고려된다.

이전에 설명된 것 처럼, 패킷 생성기는 전송을 위한 패킷들을 패킷 전송기로 송신한다. 패킷 전송기에 의해 수신된 각 패킷들을 위하여 적절한 통신 방법이 선택된다. 예를 들어, P와 B 프레임 양자를 위한 기초로써 사용되기 때문에 키 프레임들은 매우 신뢰할 만한 통신 방법을 이용해서 송신되어야 한다.반대로, B 프레임들은 덜 중요하기 때문에 신뢰할 수 없는 통신방법을 이용하여 송신되어도 좋다.

현 발명의 패킷 전송 부분에 의해 수행되는 패킷을 송신하는 방법을 설명하는 하이 레벨의 흐름도가 도 14에 보여진다. 첫 단계는 타임 스탬프를 패킷 생성기로부터 수신한 패킷에 적용하는 것이다(단계 170). 만약 패킷이 키 프레임 데이터를 포함한다면(단계 172) 패킷은 가장 효과적인 통신 프로토콜을 이용하여 송신된다. 가장 효과적인 프로토콜은 클라이언트가 수신하고 제시간에 표시할 충분한 시간이 있는 한 키 프레임을 재전송하는 비디오 서버를 포함하는 신뢰할 만한 UDP의 구현이 될 수 있다. 만약 패킷이 P 프레임 정보를 포함한다면(단계 176) 패킷이 덜(semi) 신뢰할만한 통신 프로토콜을 통하여 송신된다(단계 178). 이런 경우에, 서버는 이용가능한 대역폭에 기초를 두어 P 프레임 정보 패킷을 비디오 클라이언트에 재전송할지 안할지를 결정한다. 마지막으로, 만약 패킷이 B 프레임 정보를 포함한다면 UDP와 같은 신뢰할 수 없는 통신 프로토콜을 통하여 송신된다. 이런 경우에 비디오 클라이언트에 의해 수신되지 않는다면 비디오 서버는 패킷을 재전송할 선택이 없다.

#### 비디오 클라이언트 과정(Video Client Process)

현 발명의 비디오 전송 시스템의 비디오 클라이언트 부분은 이제 좀 더 상세히 설명될 것이다. 비디오 클라이언트는 서버에 의해 전송되는 비디오 스트림을 디코드(decode)하는 기능을 하는 GUI(graphical user interface)기반의 프로세스나 어플리케이션이다. 일반적으로, 클라이언트는 서버와의 직접 접속을 이용하는 온라인 비디오 플레이어뿐만 아니라 지역적 파일 스트림을 뒤로 돌릴(playing back) 수 있는 오프라인 비디오 플레이어로서의 기능도 한다. 그러므로, 비디오 클라이언트는 네트워크를 통한 실시간 비디오 구현(implementations)뿐 아니라 저장하고 진행하는(forward) 양자를 지원한다. 클라이언트는 오히려 GUI 디스플레이, 예를 들어 재생(play), 정지(stop), 빨리 감기(fast forward), 잠시 멈춤(pause) 등, 버튼을 가진 VCR을 지원한다.

비디오 데이터의 실시간 전송 중에, 클라이언트는 뒤의 상태(back status)와 비디오 서버의 정보와 관련된 대역폭을 역(reverse) 채널을 통하여 보고한다. 손실된 데이터 패킷들의 수와 더불어 전송 에러들의 수에 근거하여, 서버로 되(back) 송신된 상태와 대역폭 정보를 통하여 통신됨으로써, 서버는 클라이언트에게 송신할 데이터의 양에 주목하며(regarding) 온라인 결정을 한다.

이전에 설명된 것처럼, 이 온라인 결정은 적합한 비디오 전송 시스템의 핵심(core)을 형성한다. 비디오 서버는 접속의 대역폭과 비디오 클라이언트에 의해 수신한 정보의 양에 근거한 접속의 질, 예를 들면 패킷 손실의 비율,에 관하여 결정을 한다. 각 클라이언트가 수신하는 데이터의 양에 대한 지식은 각각의 특정한 비디오 클라이언트로 전송할 데이터의 양과 형태를 결정하기 위하여 서버에 필수적이다.

#### 다중-플랫폼 비디오 서버(Multi-Platform Video Server)

대안적인(alternative) 구현(embodiment)에 있어서, 도 1의 비디오 서버(18)는 단수의 플랫폼 보단 다중의 플랫폼을 이용하여 구성될 수 있다. 이 구현에서, 비디오 서버 기능은 다중 컴퓨터 플랫폼으로 퍼진다. 다중 플랫폼 비디오 서버 안의 각각의 개별적인 플랫폼은 단수의 비디오 압축 레벨을 전달하는 기능을 한다. 비디오 압축/파일 생성기, 다중 플랫폼 비디오 서버와 비디오 클라이언트를 포함하는 현 발명의 적절한 비디오 전송 시스템의 대안적인 구현을 설명하는 하이 레벨의 블록 다이어그램이 도 15에 보여진다.

적절한 비디오 전송 시스템, 일반적으로 200으로 참조되는, 은 비디오 압축/파일 생성기(212), #1에서 #N까지의 복수의 비디오 서버(216) 그리고 하나 또는 수개의 비디오 클라이언트(220)를 포함한다. 명료성을 위하여 오직 하나의 비디오 클라이언트만이 도 15에 보여진다. 비디오 클라이언트(220)와 협력하는 비디오 압축/파일 생성기(212)는 네트워크(218)를 통하여 복수의 압축된 비디오/오디오 파일들로 전송되는 비디오/오디오 스트림들을 압축, 코드, 디코드, 그리고 압축해제하는 기능을 하는 비디오 코더 또는 코더/디코더를 포함한다. 각 압축된 비디오/오디오 파일은 다른 압축 레벨을 이용하여 압축된다. 각 개별적인 비디오 서버 플랫폼은 비디오 압축 레벨들의 하나를 전송하는 데에 책임이 있다.

비디오 압축/파일 생성기(212)는 도 15의 비디오 압축/파일 생성기가 각 압축 레벨을 위하여 개별적인 압축된 비디오/오디오 파일을 생성한다는 것을 제외하고는 도 1의 비디오 압축/파일 생성기(14)와 비슷한 기능을 한다. N 압축 레벨에 있어서, 비디오 압축/파일 생성기(212)는 레벨 1에서 N까지의 압축된 비디오/오디오 파일을 생성하는 기능을 한다. 이전에 설명된 시스템을 고려하여, 압축된 비디오/오디오 파일들(214)은 레벨 1에서 5까지 생성된다. 압축된 비디오/오디오 파일들은 AVI 포맷같은 어떤 적당한 포맷일 수 있다. 압축된 비디오/오디오 파일들의 생성은 온라인이나 오프라인 상에서 수행될 수 있다. 일반적으로 비디오/오디오 파일은 오프라인상에서 생성된다. 어떤 적절한 비디오 압축 방법도 MPEG-1, MPEG-2 또는 MPEG-4 표준과 관련되어 설명된 것 같은 생 비디오 데이터(210)를 처리하는 데에 이용될 수 있다.

N 대역폭 레벨을 충족(serve)하기 위하여, 거기서 각 대역폭 레벨은 다른 질/해상도 대역을 표시한다, N 비디오 서버들과 N 압축된 비디오/오디오 파일들이 요구된다. 하나의 압축된 비디오/오디오 파일과 비디오 서버가 각 대역폭 레벨, 예를 들면 압축 레벨,과 관련된다. 그러므로, 완전한 비디오 서버 시스템은 각각이 하나의 압축 레벨을 다루고 있는 N개의 독립된 비디오 서버 플랫폼들을 구성한다. 추가적인 플랫폼(222)은 이전의 도 11에서 도 14까지와 관계하여 설명된 것 처럼 검사(scan) 상태와 고정된(fixed)상태 대역폭 측정 방법들, 프레임 선택 방법과 패킷 전송 방법을 수행하는 비율 제어기(대역폭 제어기)로써 기능을 한다. 비율 제어기(222)는 이전에 설명된 대역폭 측정 방법을 수행하는 대역폭 제어기로써 기능을 하고 비디오 클라이언트(22)로 전송할 #1에서 #N까지의 비디오 서버중의 어떤 것을 선택하는 기능을 한다. 각 클라이언트에 있어서, 오직 한 비디오 서버로부터의 데이터는 어느 한 시간에 송신된다. 같은 비디오 서버는 전체의 GOP를 위하여 데이터를 송신하는데에 사용된다. 그러나, GOP를 위한 압축레벨이 다른 GOP들을 위해 사용된 압축 레벨들과 독립적이기 때문에 다른 비디오 서버들은 다른 GOP들을 위하여 비디오/오디오 데이터를 송신하는 데에 이용될 수 있다.

N개의 비디오 서버들의 각각(216)은 이전에 설명된 도 2의 비디오 서버(18)를 포함할 수 있거나, MPEG-2 기반의 오라클사에서 나온 미디어 서버(Media Server)나 레드몬트, 워싱턴의 마이크로소프트 사에서 나온 넷쇼우(NetShow)같은 표준 규격품인 비디오 서버를 포함하기도 한다. 표준 비디오 서버는 현 발명에서 작동하기 전에 통신 능력에 비율 제어기를 공급하도록 적절하게 수정되어야 한다. 일반적으로 수정은 표준 비디오 서버와 비율 제어기 사이에 통신 인터페이스를 제공하는 것을 포함한다.

비디오 클라이언트(220)는 비슷하게 기능을 하고 도 3에서 보여진 비디오 클라이언트의 그것과 비슷한 형식으로 구성된다. 비디오 클라이언트는 비디오/오디오 데이터 스트림을 디코드, 압축해제하는 기능을 하고 디코드된/압축해제된 비디오/오디오 스트림을 거기에 연결된 화면으로 송신한다. 또한 비디오 클라이언트(220)는 1에서 N까지의 비디오 서버의 어느 하나 보다 비율 제어기(222)로 비디오 파일 리퀘스트들을 알리도록 적응된다. 비디오 전송 세션 동안에, 비디오 클라이언트(220)은 비율 제어기(222)로 표시들과 통계들을 돌려주는 기능을 한다. 비율 제어기는 비디오 클라이언트(220)에 의해 되돌려받은 통지들과 통계들을 사용할 적합한 압축(해상도) 레벨을 계산하기 위하여 사용한다.

도 15의 적합한 비디오 전송 시스템의 이점은 성능이 향상된다는 것이다. 성능 향상은 부분적으로 성능을 위해 최적화된 표준 비디오 서버들의 사용에 의해 성취된다. N개의 비디오 서버들의 각각이 250개의 512Kbps 비디오/오디오 스트림을 동시에 발생한다고 가정하면, 완전한 비디오 서버 시스템은  $250 \times N$  개의 확장할 수 없는(non-scalable) 스트림들까지와 훨씬 높은 수의 낮은 스피드의 28.8, 56, 128 또는 256Kbps 스트림들까지 동시에 생성할 수 있다. 최초의 대역폭이 알려질 때 마다, 예를 들어 인터넷 안에서, 비디오 클라이언트는 가장 적절한 서버로부터 직접 비디오를 다시 재생(play back)한다는 것을 주목하자. 최초의 대역폭이 알려지지 않았을 때 미리, 비율 제어기(222) 특정한 네트워크 접속을 위하여 최적의 대역폭을 결정하는 기능을 한다. 그러므로, 도 15에서 보여지는 대안적인 구현은 다중 압축 레벨과 현 발명의 적합한 대역폭 측정 계획을 존재하는 표준 비디오 서버 기술의 게걸스러운 역행(piggy backing)과 확장가능한 비디오 전송을 제공하도록 향상함에 의해 구현함으로써 이용될 수 있다.

발명이 제한된 수의 구현에 관하여 설명되었지만, 많은 변화, 수정 그리고 다른 발명의 어플리케이션이 만들어지는 것도 진가를 발휘될 것이다.

#### 도면의 간단한 설명

발명은, 단지 예시 방법에 의해, 여기에 다음의 도면들을 참조하여 설명되었다.

도 1은 비디오 압축/파일 생성기, 비디오 서버 그리고 비디오 클라이언트를 포함하는 현 발명의 적합한 비디오 전송 시스템을 설명하는 하이 레벨의 블록 다이어그램이다.

도 2는 현 발명의 비디오 서버 부분을 좀 더 상세히 설명한 하이 레벨의 블록 다이어그램이다.

도 3은 현 발명의 비디오 클라이언트 부분을 좀 더 상세히 설명한 하이 레벨의 블록 다이어그램이다.

도 4는 키 프레임과 복수의 P와 B 프레임들을 포함하는 GOP의 예를 설명하는 블록 다이어그램이다.

도 5는 키 프레임을 현 발명의 파일 포맷으로써 저장되도록 작성하는(make up) 비디오 데이터의 5개의 레벨들을 설명하는 다이어그램이다.

도 6은 P 프레임을 현 발명의 파일 포맷으로써 저장되도록 작성하는 비디오 데이터의 5개의 레벨들을 설명하는 다이어그램이다.

도 7은 B 프레임을 현 발명의 파일 포맷으로써 저장되도록 작성하는 비디오 데이터의 5개의 레벨들을 설명하는 다이어그램이다.

도 8은 비디오 스트림을 작성하는 키, P, 그리고 B 프레임들로 구성된 GOP 연속(sequence)의 샘플을 설명하는 다이어그램이다.

도 9는 비디오 서버의 송신기 부분을 좀 더 상세히 설명한 하이 레벨의 다이어그램이다.

도 10은 수신기 비트율 대(versus) 바이트 온라인 수를 설명하는 그래프이다.

도 11은 현 발명의 대역폭 측정 부분의 검사 단계(scan phase)를 설명하는 하이 레벨의 흐름도(flow diagram)이다.

도 12는 현 발명의 대역폭 측정 부분의 고정 단계(fixed phase)를 설명하는 하이 레벨의 흐름도이다.

도 13은 현 발명의 송신기 부분에 의해 수행되는, 전송되어야 할 프레임들을 선택하는 방법을 설명하는 하이 레벨의 흐름도이다.

도 14는 현 발명의 송신기 부분에 의해서 수행되는, 패킷을 전송하는 방법을 설명하는 하이 레벨의 흐름도이다.

도 15는 비디오 압축/파일 생성자, 다중 기반(multi-platform) 비디오 서버와 비디오 클라이언트를 포함하는 현 발명의 적합한 비디오 전송 시스템의 대안적인(alternative) 구현이다.

#### (5) 청구의 범위

청구항 1. 다음과 같은 단계를 포함하는, 네트워크 채널을 통하여 비디오를 전송하는 방법.

생(raw) 비디오 소스를 특정한 정도의 압축에 일치하는 각 레벨의 복수를 포함하는 각 프레임의 복수로 압축하는 단계;

네트워크 채널의 대역폭을 평가하는 단계;

선택된 레벨이 네트워크 채널의 대역폭의 사용을 최적화하는 상기 대역폭 평가에 따라서 네트워크 채널을 통하여 전송할 상기 각 프레임의 레벨들의 복수중의 하나를 선택하는 단계; 그리고

네트워크 채널을 통하여 상기 각 프레임의 선택된 레벨을 송신하는 단계.

**청구항 2.** 제 1항에 있어서, 생 비디오 소스를, 각 프레임 형태는 비디오 내용 정보의 다른 양을 포함하고, 상기 다른 형태의 프레임들의 복수는 GOP(group of pictures) 일렬(sequence)들로 구성되는 비디오 스트림을 형성하도록 그룹지어진 그러한 다른 형태의 프레임들의 복수로 압축하는 단계를 포함하는 상기 압축 단계를 특징으로 하는 방법.

**청구항 3.** 제 1항에 있어서, 생 비디오 소스를 GOP 일렬의 복수로 구성되는 비디오 스트림을 형성하도록 생성된 상기 키, P 그리고 B 형태의 프레임들로 압축하는 단계를 포함하는 상기 압축 단계를 특징으로 하는 방법.

**청구항 4.** 다음 단계를 포함하는, 네트워크 채널을 통하여 비디오 서버로부터 비디오 클라이언트로 전송하는 방법.

데이터를 생 비디오 소스로부터 복수의 프레임들을 생성하도록 압축- 각 프레임은 특정한 프레임 형태로 되어 있고, 각 프레임 형태는 비디오 내용 정보의 특정한 양을 포함하고, 각 프레임은 복수의 레벨들을 포함하고, 각 레벨은 특정한 압축 정도에 일치하는- 하는 단계;

네트워크 채널의 대역폭을 평가하는 단계;

비디오 클라이언트에서 디스플레이되도록 대기하는 비디오 정보의 양을 결정하는 단계;

선택된 레벨이 네트워크 채널의 대역폭의 이용을 최적화하는 상기 대역폭 측정에 따라서 네트워크 채널 상에서 송신할 상기 각 프레임의 레벨들의 복수중의 하나를 선택하는 단계;

비디오 클라이언트에서 디스플레이되도록 대기하는 비디오 정보의 양에 따라서 네트워크 채널 상에서 송신할 특정한 프레임 형태를 갖는 어떤 프레임들을 선택하는 단계; 그리고

특정한 프레임 형태를 갖고 상기 선택된 레벨의 선택된 프레임들을 네트워크 채널을 통하여 송신하는 단계;

**청구항 5.** 비디오를 각각이 다중 압축 레벨들로 구성되고 특정한 형태인 비디오 데이터의 프레임의 복수를 포함하는 상기 비디오 소스로부터 네트워크 채널을 통해 비디오 클라이언트에게 전송하는, 다음을 포함하는 비디오 서버.

비디오 소스로부터 비디오 데이터의 프레임들을 입력하기 위한 수신수단;

상기 수신 수단과 결합되는, 상기 프레임안의 어떤 압축 레벨과 네트워크 채널의 측정된 이용가능한 대역폭에 따라서 전송할 특정한 형태를 갖는 어떤 프레임들을 결정하고, 상기 비디오 데이터의 프레임들을 상기 네트워크 채널을 통하여 전송하기 위한 복수의 패킷들로 추상화하기 위한 송신 수단; 그리고

상기 수신 수단과 상기 송신 수단의 전송 비율이 네트워크 채널의 이용가능한 대역폭과 어울리도록 유지되는 상기 송신수단의 작동을 관리하기 위한 제어기.

**청구항 6.** 제 5항에 있어서, 상기 송신수단이 다음을 포함하는 것을 특징으로 하는 비디오 서버.

네트워크 채널의 이용가능한 대역폭을 평가하기 위한 비율 제어 단위;

상기 비율 제어 단위에 의해 평가된 대역폭에 따라서 특정한 압축 레벨의 프레임을 출력하는, 상기 수신수단에 의하여 비디오 프레임 데이터 출력을 입력하기 위한 프레임 선택기;

상기 프레임 선택기, 특정한 형태를 가진 어떤 프레임들이 전송되어야 할지를 결정하는, 상기 비디오 프레임 데이터를 전송을 위한 복수의 패킷들로 추상화하기 위한 상기 패킷 생성기에 의해 비디오 프레임 데이터 출력을 입력하기 위한 패킷 생성기;

상기 패킷 생성기에 의해 네트워크 채널 상에 복수의 패킷 출력을 위치하기 위한 패킷 전송기; 그리고

수신된 패킷들에 응답하여 네트워크 상에서 비디오 클라이언트에 의해 송신된 표시를 받기 위한 수신기.

**청구항 7.** 다음 단계로 구성된, 송신기를 수신기에 접속한 네트워크 채널의 대역폭을 측정하는 방법.

바이트 온라인의 특정한 수를 내기(yield)위해 송신기가 네트워크 채널을 통해 복수의 패킷들을 수신기로 전송하는 단계;

수신기에 의해 상기 패킷들의 영수(receipt)에 응답하여 수신기가 송신기로 표시들을 전송하는 단계;

수신기에 의해 상기 패킷들의 수령(reception) 대역폭을 평가하는 단계;

수령 대역폭의 증가 비율이 예정된 관문(threshold)안으로 감소할 때까지 바이트 온라인의 수를 증가하는 단계; 그리고

수신기에서 수령 대역폭이 되도록 네트워크 채널의 대역폭을 평가하는 단계.

**청구항 8.** 다음 단계로 구성된, 송신기를 수신기로 연결한 특정한 이용가능한 대역폭을 갖는 네트워크 채널 안에서 바이트 온라인의 최대 수를 유지하는 방법.

이전에 송신된 패킷과 최후로 송신된 패킷에 관한 데이터에 관련된 송신기를 이용하여 수신기로 전송된 바이트의 수(BytesSent)를 결정하는 단계;

이전에 수신된 패킷과 최후로 수신된 패킷에 관한 데이터에 관련된 수신기를 이용하여 수신기에 의해 수신된 바이트의 수(BytesRec)를 결정하는 단계;

다음 방정식에 따라서 송신률(SendRate)를 계산하는 단계

$$\text{송신률}(\text{SendRate}) = \frac{\text{송신된바이트수}(\text{BytesSent})}{\text{전송할시간(이전응답)} - \text{전송할시간(최근응답)}};$$

다음 방정식에 따라서 수신률을 계산하는 단계

$$\text{수신률}(\text{RecRate}) = \frac{\text{수신된바이트수}(\text{BytesRec})}{\text{수신할시간(이전응답)} - \text{수신할시간(최근응답)}};$$

송신률을 수신률과 비교하는 단계;

만약 송신률이 수신률보다 작거나 같으면 송신률을 증가하는 단계; 그리고

만약 송신률이 수신률보다 크면 송신률을 감소하는 단계.

**청구항 9.** 다음 단계로 구성된, 네트워크 채널을 통해 비디오 서버로부터 비디오 클라이언트로 비디오를 전송하는 방법.

생 비디오 소스로부터 복수의 프레임들을 생성하기 위하여 데이터 압축- 각 프레임은 특정한 프레임 형태로 되어있고, 각 프레임 형태는 특정한 양의 비디오 내용 정보를 포함하고, 각 프레임은 복수의 레벨들을 구성하고, 각 레벨은 압축의 특정한 정도에 따른- 하는 단계;

네트워크 채널의 대역폭을 평가하는 단계;

비디오 클라이언트에서 디스플레이되도록 대기하는 비디오 정보의 양을 결정하는 단계;

선택된 레벨이 네트워크 채널의 대역폭의 사용을 최적화하는 상기 대역폭 측정에 따라서 네트워크 채널을 통하여 송신할 상기 각 프레임의 레벨들의 복수중의 하나를 선택하는 단계;

비디오 클라이언트에서 디스플레이되도록 대기하는 비디오 정보의 양에 따라서 네트워크 채널을 통하여 송신할 특정한 프레임 형태를 갖는 어떤 프레임들을 선택하는 단계;

비디오 데이터 내용의 더 많은 양을 포함하는 형태의 그리고 선택된 레벨의 선택된 프레임들을 신뢰가능한 통신 프로토콜을 이용한 네트워크 채널을 통하여 송신하는 단계; 그리고

비디오 데이터 내용의 더 적은 양을 포함하는 형태의 그리고 선택된 레벨의 선택된 프레임들을 신뢰할 수 없는 통신 프로토콜을 이용한 네트워크 채널을 통하여 송신하는 단계.

**청구항 10.** 비디오를 각각이 단수의 압축 레벨들로 구성되고 특정한 형태인 비디오 데이터의 프레임의 복수를 포함하는 비디오 소스의 복수로부터 네트워크 채널을 통해 비디오 클라이언트에게 전송하는, 다음을 포함하는 비디오 서버 시스템.

각각이 특정한 압축 레벨에서의 단수의 비디오 소스와 관련되어 있고 각각이 다음을 포함하는, 비디오 서버의 복수;

저 특정한 비디오 서버와 관련된 비디오 소스로부터 비디오 데이터의 프레임들을 입력하기 위한 수신 수단;

상기 수신 수단과 결합되는, 네트워크 채널의 이용가능한 대역폭에 따라 전송할 특정 형태를 가지는 어떤 프레임들을 결정하고 상기 네트워크 채널을 통하여 상기 비디오 데이터의 프레임들을 전송을 위한 복수의 패킷들로 추상화하기 위한 송신 수단;

상기 수신 수단과 상기 송신 수단의 작동을 관리하기 위한 제어기; 그리고

네트워크 채널의 이용가능한 대역폭에 근거한 비디오 데이터의 전송을 위해 이용할 어떤 비디오 서버를 결정하기 위한 비율 제어기.

**청구항 11.** 제 10항에 있어서, 상기 송신 수단이 다음을 포함하는 것을 특징으로 하는 비디오 서버 시스템.

상기 비디오 서버와 상기 비율 제어기를 인터페이스로 연결하기 위한 수단;

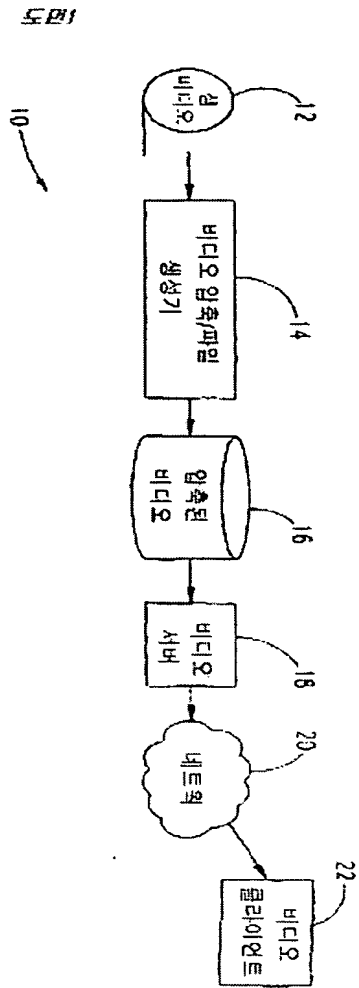
네트워크 채널의 이용가능한 대역폭을 측정하기 위한 대역폭 측정장치;

상기 수신 수단에 의해 비디오 프레임 데이터 출력을 입력하고, 상기 비디오 프레임 데이터를 전송을 위한 복수의 패킷들로 추상화하고, 전송되어야 할 특정한 형태를 가지는 어떤 프레임들을 결정할 패킷 생성기;

상기 패킷 생성기에 의해 복수의 패킷 출력들을 네트워크 채널상에 위치하기 위한 패킷 전송기; 그리고

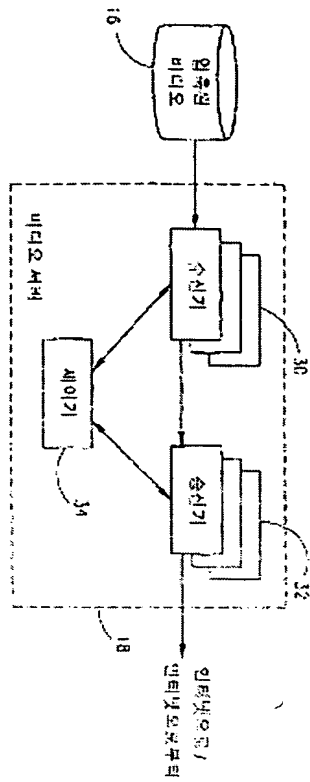
수신된 패킷들에 응답하여 네트워크 채널을 통해 비디오 클라이언트에 의해 송신된 표시들을 수신하기 위한 수신기.

도면

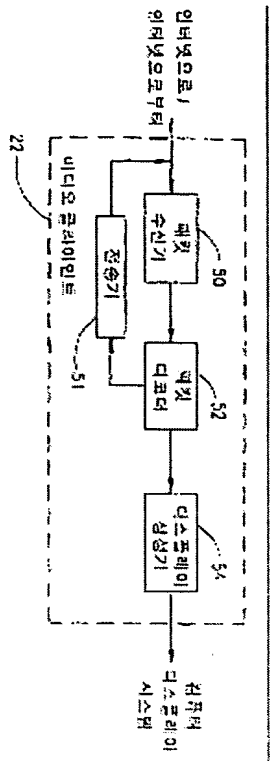




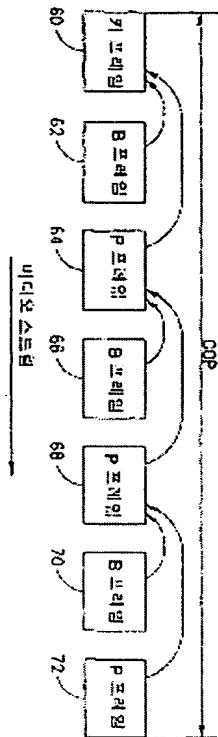
도 22



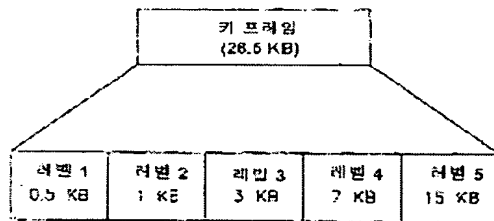
도 23



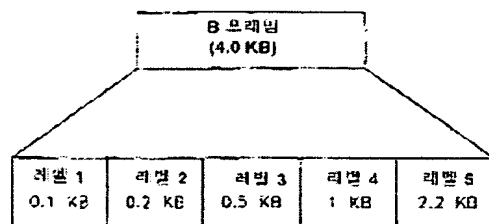
도 24



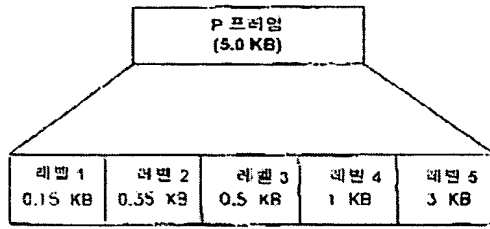
도 25



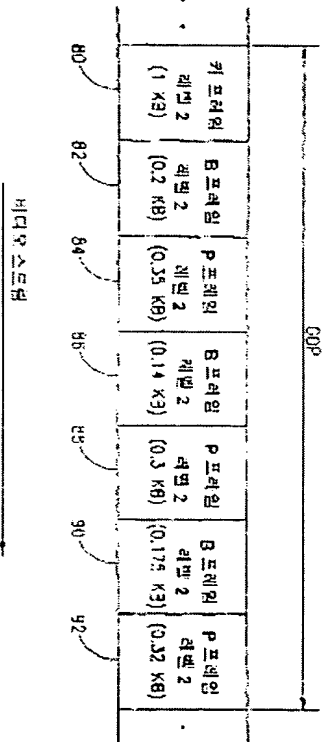
도 26

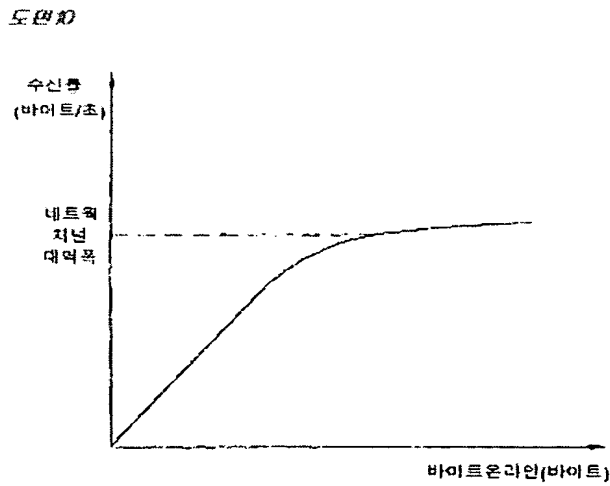
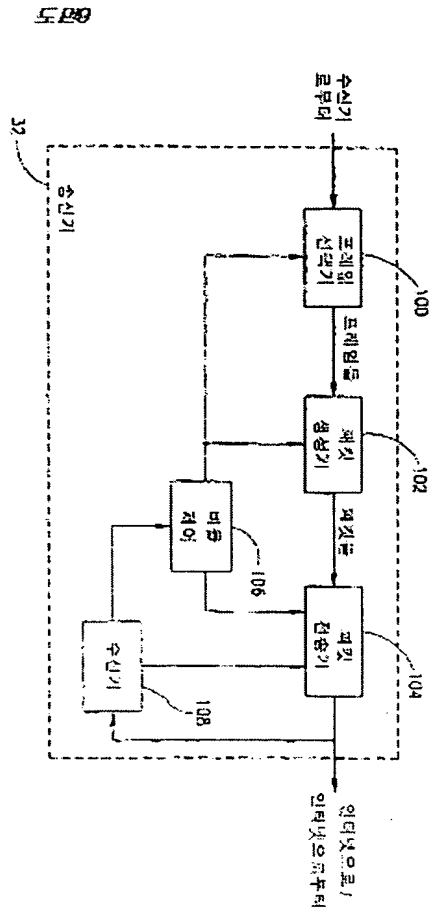


도 27

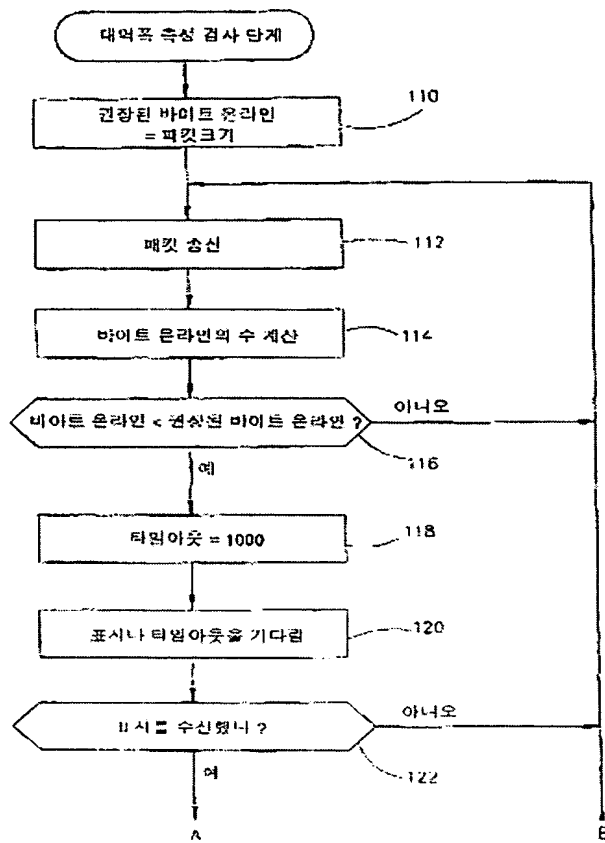


도 28

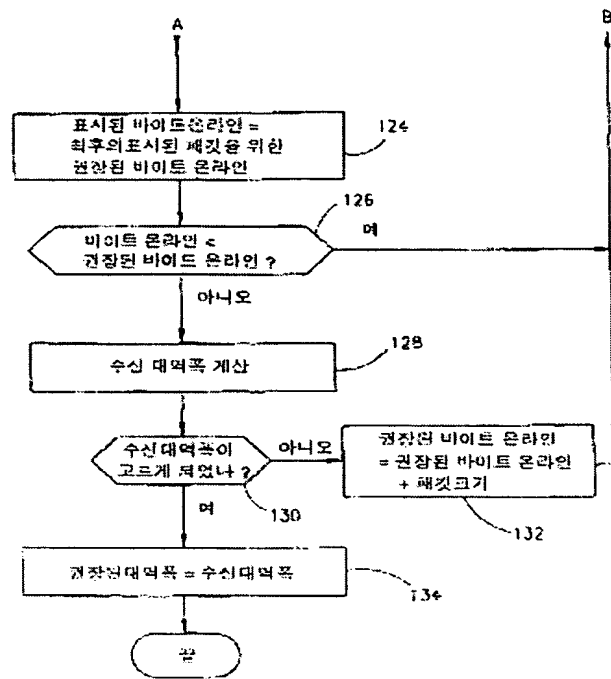




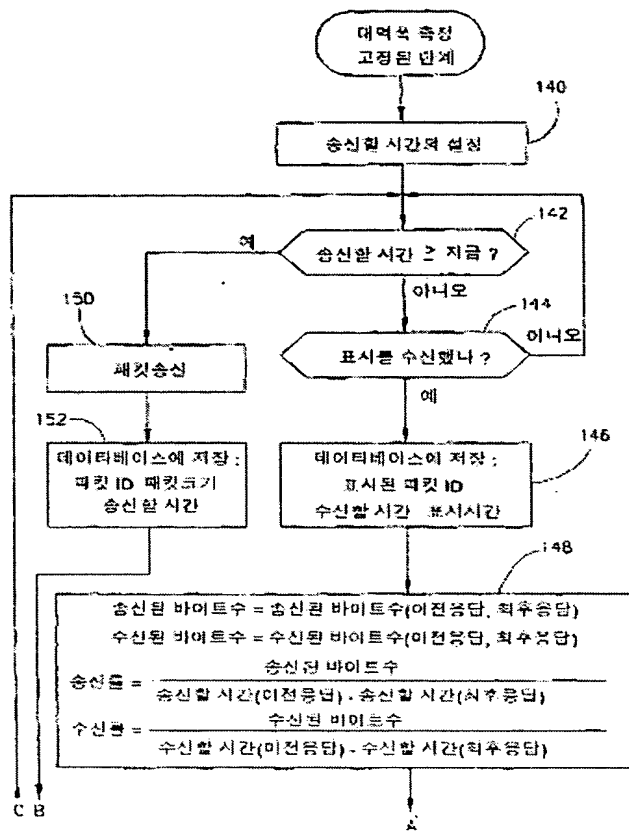
도면 11a



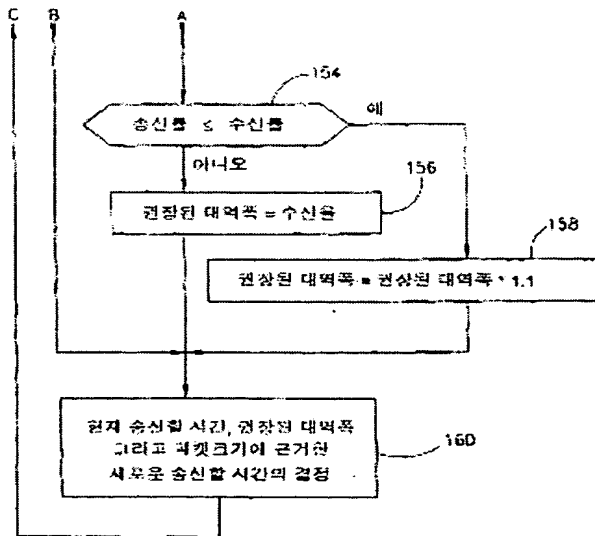
도면 11b



도면 12a

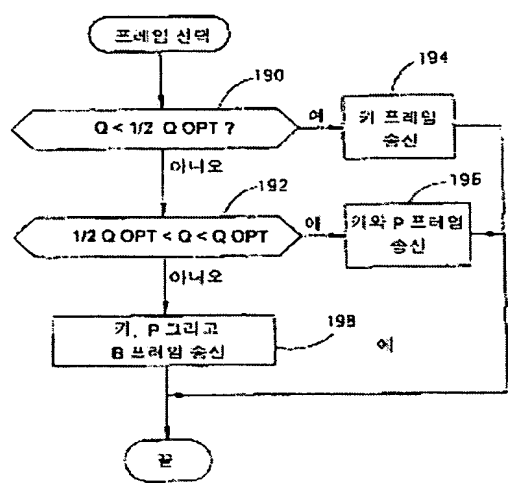


도면 12b

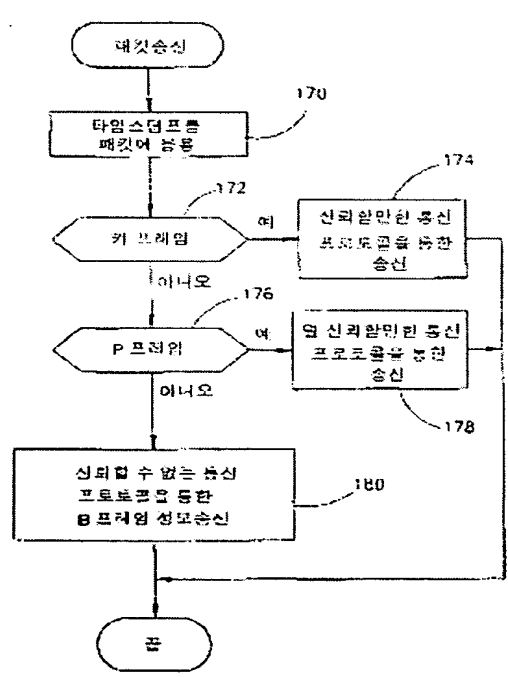




도면 13



도면 14



도면 15

